UNIVERSITY OF TORONTO
3 1761 01087747 0

LIBRERIA PASSIM, S. A.
BAILEN, 134
BARCELONA-9 - ESPAÑA

MANUAL

DE

GEOLOGÍA APLICADA

A LA AGRICULTURA Y A LAS ARTES INDUSTRIALES,

POR

DON JUAN VILANOVA Y PIERA,

Licenciado en Medicina, Doctor en Ciencias naturales, Catedrático de Geología y Paleontología en la Universidad Central;

Individuo de la Sociedad Geológica y de la Zoológica Imperial de Aclimatacion de Francia;

Sócio honorario de la de Ciencias naturales de Suiza;

Corresponsal de la Academia de Medicina y de la Sociedad de Agricultura de Valencia;

de la Academia Gioenia de Catania y de los Museos de Historia Natural de Siracusa y Estrasburgo &c.

OBRA PREMIADA POR S. M.

en concurso público,

Á PROPUESTA DE LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS.

TOMO I.

MADRID.

IMPRENTA NACIONAL.

1860.

LEMA.

La Geología es la base racional de la Agricultura y de las artes industriales.

QE
26
V5
t.1

NÚMERO DE ÓRDEN EN EL REGISTRO DEL CONCURSO.

4.

1114842

ADVERTENCIA.

Para la cabal inteligencia de algunos hechos consignados en esta obra, cumple á mi deber manifestar:

1.° *Que varias observaciones, que en el original se presentaron con carácter anónimo y muchas otras que dejaron de indicarse en él, para evitar que con su noticia pudiera sospecharse el nombre del autor, conforme á lo que prevenia una de las condiciones del concurso, me pertenecen exclusivamente y como mias propias figuran en la presente edicion.*

2.° *Que deseando ofrecer al público esta obra puesta al nivel de los conocimientos actuales, he anotado cuidadosamente, y no sin ímprobo trabajo, los hechos de la Ciencia posteriores á la presentacion del* Manual *al concurso de* 1855, *toda vez que estas pequeñas adiciones no alteran en nada el texto aprobado por la Real Academia de Ciencias.*—Juan Vilanova y Piera.

ÍNDICE

RAZONADO

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN LOS DOS TOMOS.

TOMO I.

Págs.

PRÓLOGO.—Extracto del Real decreto de convocatoria al concurso del *Manual*; razones que tuvo el autor para separarse del programa de la Academia, y comunicacion del Secretario de la misma participándole el resultado del certámen..... V

INTRODUCCION.—Breve reseña de la formacion, desarrollo y estado actual del globo; plan de la obra y su division en cuatro partes..... XIII

=Cuadro de la correspondencia de pesos y medidas comunes con las decimales..... XIX

NOCIONES PRELIMINARES.—Definicion, division y relaciones de la *Geología* con las demas ciencias y artes..... 1

PARTE PRIMERA.—Capítulo I.—Geografía física.—Artículo 1.°—Geografía astronómica; definicion; forma de la tierra; pruebas de su aislamiento en el espacio; los diámetros terrestres no son iguales; cuadro de las dimensiones y volúmen del globo; Ecuador; eclíptica; trópicos; latitud; longitud; division de la superficie terrestre en zonas; densidad de la tierra mayor que la de su capa sólida; consecuencias de este dato y del de la forma..... 9

Artículo 2.°—Geografía orográfica; definicion; continente; altura; desproporcion entre continentes y mares en superficie; altura de las mayores montañas y su proporcion con el rádio terrestre; cinco continentes y otros tantos mares; istmo; canal; promontorios; radas; ensenadas; islas; lagos; regiones altas; montañas; mesetas; monte; cerro; colina; cabezo; montañas aisladas, agrupadas y sistemas; partes de un monte; base, falda, laderas y cima; talud; formas de las cimas; agujas; cúpulas; conos; torres; meseta; relacion entre la forma de las montañas y su composicion; eje de las cordilleras; ramales; estribos; estructura de una cordillera; vertientes; grupos de

Págs.

montañas; altas cumbres; pasajes; gargantas; desfiladeros; sistemas de montañas; su importancia; cuadro de los sistemas admitidos hoy; llanuras; concavidades terrestres; la del mar muerto, ilustrada por medio de una figura; desiertos; oasis; estepas; pampas; landas; valles; partes de un valle; valle principal; cuenca; valle longitudinal y trasversal; circulares ó en anfiteatro; valle de denudacion; de elevacion; hendiduras; grietas; pozos naturales; torcas..... 14

Artículo 3.º—Geografía hidrográfica; definicion; composicion y estados del agua; agua sólida; hielo y nieve temporal y perpétua; límite de las nieves perpétuas; agua líquida; mares; lagos; estanques; rios; mares grandes ú Océanos; interiores ó Mediterráneos; golfo; ensenada; ansa; rada; estrecho ó canal; division y enumeracion de los mares; aguas estancadas y corrientes; lagos y su clasificacion; pantanos y almarjales; aguas corrientes permanentes y temporales; fuentes perenes é intermitentes, minerales, termales, templadas y frias; rios; afluentes; orillas; malecones; desembocadura; bocas ó brazos; salto; cascada; rápidos; catarata; cuenca hidrográfica..... 26

Capítulo II.—Causas actuales; division en internas, externas y fisiológicas.—Artículo 1.º—Causas ó fenómenos plutónicos; definicion y division en tres secciones.—Seccion primera.—Temperatura de la atmósfera; causas que la determinan; aquella disminuye en las altas regiones; límite de las nieves perpétuas; la latitud es una de sus causas; otra la forma de las montañas; la exposicion; el hemisferio austral es mas frio que el boreal; cuadros del límite de las nieves, del de los árboles y del cultivo de los cereales: temperatura de las regiones bajas; los polos no representan el tipo de un frio absoluto; la temperatura disminuye del Ecuador al Polo en razon de medio grado por cada uno de latitud; líneas isotermas, isoteras é isoquimenas; causas que modifican la latitud; climas; definicion; cuadro de estos y su division en constantes, variables y extremados; influencia de las corrientes marinas; temperatura de los espacios celestes..... 33

Seccion segunda.—Temperatura de las aguas; temperatura de las fuentes; causas de esta temperatura; temperatura de los lagos; mecanismo de la congelacion de estos; cuadro de la temperatura de los lagos de Suiza, Saboya, &c.; temperatura de los mares..... 42

Seccion tercera.—Temperatura de la tierra; capa de temperatura constante; aumento sucesivo á medida que se profundiza; cuadro de temperatura terrestre á diferente profundidad; proporcion del aumento de calor en el interior del globo, y sus deducciones; la temperatura terrestre ha variado en los diferentes períodos de su historia; esta variacion ha sido insignificante en la época histórica; resúmen de todo lo relativo á la temperatura del globo..... 45

Seccion cuarta.—Volcanismo; definicion; volcanismo y plutonismo.—A.—Volcanes; definicion; partes de un volcan; erupcion; volcanes activos, apagados y mistos ó azufrales; periódicos é irregulares; traquíticos, basálticos, lávicos, fangosos, geiseres; agrupados y alineados, continentales, insulares y submarinos; fenómenos precursores y concomitantes de la erupcion; marcha de la corriente de lava; materia-

Págs.

les sólidos, líquidos y gaseosos arrojados en las erupciones; infusorios en las cenizas volcánicas; moya; macalubas; geiseres; fenómenos subsiguientes; inundaciones; mofetas; fenómenos meteorológicos compañeros de las erupciones; cuadro comparativo entre las observaciones hechas en la erupcion del Etna en 1852 por el autor, y las del observatorio meteorológico dé Bolonia; cantidad de materiales sólidos arrojados en las erupciones; velocidad y tamaño de los materiales expelidos por el volcan; efectos de las erupciones; temperatura de la lava; azufrales ó solfataras: sofionis ó bufadores; fuentes ó manantiales ardientes, &c. 51

B.—Terremotos; definicion; fenómenos precursores; aire de terremoto; cuadros de Mr. Perrey; fenómenos característicos; direccion y modo de apreciarla; sismómetro; duracion del terremoto; fenómenos consecutivos; bólidos; auroras boreales; límite de los terremotos; sus efectos dinámicos; modo de obrar de los terremotos; explicacion de Young; regiones mas afectas á los terremotos; distribucion de los volcanes; regiones volcánicas: 1.ª, del Pacífico; 2.ª, del Mediterráneo; 3.ª, de las Antillas; 4.ª, de Islandia y Groenlandia; 5.ª, del continente africano; 6.ª, asiática; y 8.ª, de las Canarias, Azores &c; volcanes continentales de China; cuadro de la distribucion de los volcanes, segun Humboldt, y de la ipsometría volcánica 65

C.—Oscilaciones de los continentes; confirmacion de este hecho en el Báltico, en Italia y en otros puntos; explicacion de este hecho..... 78

D.—Fuentes termales; definicion, enlace de estas con el calor central.. 81

E.—Causas del volcanismo; teorías de Lemery; de Werner; de Buffon; de Feijóo; de Davy y Gay-Lussac; insuficiencia de todas estas; teoría geo-dinámica; variante de Cordier; idem de Dufrenoy y E. de Beaumont; cráter de levantamiento y de erupcion; teoría de Marta Beker; teoría dinámico-química de Pilla; teoría de Perrey; aplicaciones del volcanismo 82

Artículo 2.º—Causas externas.—Seccion primera.—Accion de la atmósfera; composicion de esta; vientos; cuadro de su clasificacion; vientos constantes, periódicos, brisas é irregulares; accion mecánica de la atmósfera; Médanos; accion química de la atmósfera; destruccion de los óxidos de hierro; descomposicion de las rocas calizas; idem de las feldespáticas; circunstancias que favorecen la descomposicion; mecanismo de esta; productos de esta operacion; formas diversas de las montañas ilustradas con tres figuras 94

Seccion segunda.—Accion de las aguas; accion del agua líquida; teoría de la lluvia segun Babinet; riego general del globo: separacion del agua de lluvia en tres partes; hidrografía subterránea; accion de la lluvia; accion del agua corriente; saltos, cataratas; hundimiento de las tierras, su explicacion; fuerza de trasporte de las corrientes; separacion de los materiales acarreados; inundaciones, su importancia y modo de hacerlas beneficiosas; práctica de entarquinar las tierras; fuerza asignada á cada corriente segun su rapidéz; depósitos detríticos y aluviales; terreras; accion de los mares; oleaje; marea y corrientes; accion del oleaje contra las costas segun la naturaleza y accidentes de estas;

influencia de las mareas; Estuarios; pororoca y esperas; corrientes constantes y periódicas y su diverso modo de obrar; causas de las corrientes; accion combinada de los rios y de los mares en la desembocadura de aquellos; aparato litoral; deltas, lacustres y marinos; regiones clásicas; cordones litorales; barras; lagunas; polders; denudacion; sedimentacion; capas; estratificacion; mecanismo de la sedimentacion química y mecánica; cuadro del peso específico de los minerales mas comunes en la composicion de las rocas, y densidad de algunas de estas y de varias conchas; rocas de sedimento químico, mecánico y misto 104

Accion del agua en estado sólido; hielo y nieve; accion de las nieves perpétuas de los Alpes; campos de nieve; neveras y ventisqueros segun Agassiz; posicion de cada una de estas regiones; estructura de la nieve perpétua de los Alpes; coloracion diversa; estratificacion de la nieve; absorcion del agua por la nieve; trasformacion de la nevera en ventisquero; division de estos; hendiduras de los ventisqueros; pirámides y agujas; arroyos; mesas ú hongos, conos de grava, barrancos ó arroyadas; canchales de los ventisqueros divididos en superficiales, laterales y terminales; su formacion; marcha de los ventisqueros y su explicacion; ablacion del ventisquero; reaparicion á la superficie de las piedras que penetran en la masa del ventisquero; aluvion y diluvio glacial; pulimento, redondeamiento y estriamiento de las rocas por los ventisqueros: trasporte de las masas errantes; hielos y nieves polares; hielos flotantes; hielos y nieves perpétuas; diluvio congelado de Siberia; pantanos congelados; neveras y ventisqueros con los mismos accidentes que en los Alpes..... 131

Accion de la electricidad y magnetismo; accion del rayo; fulguritos.. 145

Artículo 3.º—Causas fisiológicas; guano y arrecifes de coral; animales que los forman; Turba..... 146

PARTE SEGUNDA.—Geognosia.—Capítulo I.—Clasificacion genealógica de las rocas; introduccion; definicion de Geognosia; minerales y fósiles; cuadro de los elementos químicos; enumeracion de los diez y seis mas importantes; oxígeno, hidrógeno, ázoe, carbono, azufre, cloro, silicio, aluminio, potasio, sodio, hierro, manganeso &c..... 149

Artículo 1.º—Rocas; generalidades, definicion; minerales que entran á componerlas; cuadro de su importancia relativa; feldespato; A potásico; B sódico; C litínico; D calcico; cuarzo; *a* hialino, *b* litoideo, *c* opalo, *d* jaspe; mica; talco; peridoto; dialaga; piroxeno; anfibol; estudio de las principales propiedades y aplicaciones..... 156

Artículo 2.º—Caractéres generales de las rocas; 1º composicion, elementos esenciales, accidentales y accesorios; rocas simples y compuestas; fanerogenas, adelogenas y mistas; cristales diseminados; tránsitos de una roca á otra; descomposicion; uso del eslabon; frote y percusion; análisis mecánica; accion de los ácidos, soplete; análisis química; 2º adherencia; rocas agregadas y conglomeradas; compactas y celulares; dureza, tenacidad y ductilidad; rocas sueltas; 3.º textura uniforme de las agregadas; complexa de las mismas; id. de las rocas conglomeradas; 4.º contralecho ó hilo; 5.º color; traslucidez;

Págs.

fosforescencia; olor; magnetismo; densidad; sonido; humedad; alteracion 174
Artículo 3.º—Clasificacion de las rocas; especie geológica; division de las rocas segun su orígen; principios taxonómicos; nomenclatura; cuadro de la clasificacion genealógica de las rocas 183
Artículo 4.º—Descripcion de las rocas mas comunes.—Primera clase.—Rocas ígneas.—Primer órden.—Rocas ígneas antiguas, cristalinas ó graníticas.—Primer género.—Granito tipo.—Primera especie.—Granito comun; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento y relaciones geognósticas; localidades extranjeras; localidades españolas; aplicaciones 188
Segundo género.—Granitos abortados; definicion.—Primera especie.—Pecmatita; sinonimia; definicion; variedades y yacimiento; localidades extranjeras; localidades españolas; aplicaciones.—Segunda especie.—Petrosilex; sinonimia; definicion; yacimiento; localidades extranjeras y nacionales; aplicaciones.—Tercera especie.—Cuarzo eruptivo: definicion; yacimiento y aplicaciones 195
Tercer género.—Granitos degenerados.—Primera especie.—Sienita; sinonimia; definicion; variedades; localidades extranjeras y españolas: aplicaciones.—Segunda especie.—Protogina; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; localidades españolas y extranjeras; aplicaciones 199
Segundo órden.—Rocas ígneas medias ó porfídicas; definicion y consideraciones generales.—Primer género.—Rocas porfídico-feldespáticas; etimología y definicion; caractéres; riqueza mineral de los Pórfidos; yacimiento; descomposicion y sus productos.—Primera especie.—Ortófido; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; historia del Pórfido rojo; localidades extranjeras y españolas; arcillófido.—Segunda especie.—Albitófido; sinonimia; definicion; variedades; razon para desechar ciertos nombres.—Tercera especie.—Labradofido; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; localidades extranjeras; localidades españolas; importancia de este Pórfido en la Península; aplicaciones.—Cuarta especie.—Oligofido; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; localidades extranjeras; aplicaciones 203
Segundo género.—Rocas porfídico-magnésicas.—Primera especie.—Serpentina; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones.—Segunda especie.—Enfótida; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones.—Tercera especie.—Anfibolita; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones.—Cuarta especie.—Piroxenita; sinonimia; definicion y variedades; yacimiento; localidades 212
Tercer órden.—Rocas ígneas modernas ó volcánicas.—Primer género.—Traquita; division en dos especies.—Primera especie.—Traquita; sinonimia; definicion; variedades; piperno; yacimiento; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones; Obsidiana, primera variedad de Traquita; sinonimia; yacimiento y localidades; aplicaciones; piedra Pomez; segunda variedad, definicion; criadero; aplicaciones.—

Págs.

Segunda especie.—Fonólita; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones..... 221
Segundo género.—Basalto; definicion; division.—Primera especie.—Basalto; sinonimia; definicion; monumentos basálticos; localidades españolas; variedades; yacimiento; aplicaciones; Peperino, primera variedad de Basalto; definicion; yacimiento; localidades; aplicaciones; Puzolana, segunda variedad; definicion; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones.—Segunda especie.—Leucitofido; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; aplicaciones..... 231
Tercer género.—Lava.—Primera especie.—Lava; sinonimia; definicion; variedades; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones.—Segunda especie.—Azufre; definicion; variedades; yacimiento; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones..... 239
Segunda clase.—Rocas neptúnicas; caractéres generales y division en dos órdenes.—Primer órden.—Rocas neptúnicas normales.—Primer género.—Rocas de sedimento químico.—Primera especie.—Caliza; sinonimia; definicion y caractéres; variedades; calizas simples agregadas; caliza incrustante; alabastro calizo, oolitas y pisolitas; mecanismo de la formacion de las oolitas; ideas de Virlet D'Aoust; incrustacion y petrificacion; yacimiento; localidades españolas; Mármoles; piedra litográfica; yacimiento; localidades extranjeras y españolas; mármol negro; mármol lumaquela; yacimiento; mármoles blancos; calizas simples conglomeradas; brocatela; mármol brecha; mármol pudinga; yacimiento; creta; composicion y procedencia; yacimiento; localidades y aplicaciones; caliza basta; yacimiento y localidades; rocas calizas compuestas; caliza silícea; localidades extranjeras y españolas; mármol ruiniforme; mármol rojo antiguo; caliza arcillosa; yacimiento; localidades españolas; cuadro de las análisis de las calizas arcillosas de Vizcaya; cal; cal grasa; cal seca; cal hidráulica; Puzolana; yeso cemento; doctrina de Vicat sobre las cales; calizas sueltas; falun; crag; tanga; yacimiento y relaciones geognósticas de las rocas calizas en general; aplicaciones.—Segunda, tercera y cuarta especies.—Dolomia; yeso y sal comun.—Quinta especie.—Silex; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; moleña; menilita; geiserita; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones.—Sexta á décima especies.—Se deja su descripcion para mas adelante..... 243
Segundo género.—Rocas de sedimento mecánico; caractéres y division en dos especies.—Primera especie.—Arcilla; sinonimia; caractéres generales; division.—Primer grupo.—Arcillas simples; A, kaolin; cuadros de las análisis de los kaolines; yacimiento; localidades extranjeras; localidades españolas; aplicaciones: B, arcillas; *a*, esmécticas, cuadro de su composicion; variedades; yacimiento; localidades españolas; aplicaciones; *b*, plásticas; definicion; cuadro de la composicion de las arcillas plásticas mas notables; yacimiento; localidades españolas; aplicaciones; *c*, arcillas refractarias; definicion; localidades españolas; aplicaciones.—Segundo grupo.—Arcillas compuestas; A, marga; greda; definicion y distincion; yacimiento; aplicaciones; B, légamo; sinonimia; definicion y yacimiento; C, ocre; sinonimia;

definicion; localidades españolas; aplicaciones.—Segunda especie.—Arenas y areniscas; A, arenas; necesidad de fijar el sentido de esta palabra vaga; procedencia de las arenas; yacimiento y aplicaciones; B, areniscas; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento y clasificacion ó division de las areniscas; *a*, arenisca cuarzosa; composicion; yacimiento; *b*, arenisca ferruginosa; definicion; localidades españolas; *c*, arenisca verde ó glauconia; definicion; yacimiento; localidades españolas; *d*, molasa; definicion; yacimiento; localidades; gonfolita ó Nagelfluh, compañera de la molasa; *e*, maciño; definicion; yacimiento y localidades; *f*, arkosa; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; localidades españolas; aplicaciones; *g*, psamita; sinonimia; definicion; yacimiento; localidades extranjeras y españolas; aplicacion; *h*, itacolumita; sinonimia; definicion; yacimiento; localidades españolas; *i*, arenisca carbonífera; sinonimia; definicion; yacimiento; localidades; aplicaciones; apéndice; magnesita; sinonimia; definicion; yacimiento; localidades españolas y aplicaciones..... 267

Segundo órden.—Rocas metamórficas; definicion y consideraciones generales; caractéres generales; division en tres géneros.—Primer género.—Rocas cristalofílicas de Omalius.—Primera especie.—Gneis; sinonimia; definicion; yacimiento; localidades españolas; aplicacion; descomposicion del Gneis.—Segunda especie.—Pizarra; definicion y division; A, pizarra arcillosa; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; localidades españolas; aplicaciones; B, pizarra micácea; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; localidades españolas; aplicacion; C, pizarra talcosa; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento y aplicacion; D, pizarra clorítica; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; localidades españolas y aplicacion; E, pizarra anfibólica; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento..... 290

Segundo género.—Rocas metamórficas de sedimento químico.—Primera especie.—Caliza metamórfica; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones; cuadro del precio de los mármoles de Carrara.—Segunda especie.—Dolomia; sinonimia; definicion; caractéres; variedades; yacimiento; trasformacion de las calizas en Dolomias; localidades extranjeras; localidades españolas; aplicaciones.—Tercera especie.—Yeso y anhidrita; sinonimia; definicion; caractéres; variedades; yacimiento y teorías acerca de su metamorfismo; localidades extranjeras; localidades españolas; aplicaciones; alunita; sinonimia; variedades; yacimiento; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones; sal comun; definicion; variedades; yacimiento y consideraciones acerca de su orígen, ilustradas por medio de dos figuras; mina de Cardona; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones..... 305

Tercer género.—Rocas metamórficas de sedimento mecánico.—Primera especie.—Cuarcita; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; localidades extranjeras y españolas; aplicacione.—Segunda especie.—Jaspe; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento.—Tercera especie.—Porcelanita; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento

Págs.

y consideraciones sobre su procedencia; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones..... 327
Metamorfismo; su historia; consideraciones generales acerca del metamorfismo de las rocas; verdadera acepcion de esta palabra, segun Coquand, Delesse, Fournet y otros; division en normal ó general y especial; exomorfismo y endomorfismo; influencia de las luces de la Química aplicadas á la Geología; accion ó modo de obrar del calor, del agua, de la presion, de las emanaciones gaseosas; yesificacion ó formacion del yeso metamórfico; dolomizacion; feldespatizacion, silicicacion, fosilizacion &c..... 333
Tercera clase.—Rocas de orígen orgánico.—Primer órden.—Rocas de procedencia animal; caliza orgánica; creta, pedernal, tripoli, indicaciones generales..... 344
Segundo órden.—Combustibles; caractéres generales; yacimiento; division en tres géneros; cuadro del análisis de los diferentes combustibles, practicado por Regnault..... 344
Primer género.—Resinas.—Especie única.—Succino; sinonimia; definicion; yacimiento; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones. 350
Segundo género.—Betunes.—Especie única.—Asfalto; sinonimia; definicion; yacimiento; localidades extranjeras; localidades españolas; aplicaciones; betun elástico, nafta y petroleo..... 351
Tercer género.—Carbones; division en cinco especies.—Primera especie.—Turba; definicion; cuadro de la composicion de la de Brunswik; análisis de las de Mansfeld; variedades; yacimiento; procedimiento de su formacion; plantas que contribuyen á formarla; localidades extranjeras; localidades españolas; aplicaciones.—Segunda especie.—Lignito; sinonimia; definicion; clasificacion de los lignitos; yacimiento y metamorfismo de este combustible; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones; Disodila; definicion; etimología de este nombre; composicion, localidades y aplicaciones.—Tercera especie.—Ulla; sinonimia; definicion; division en seca, grasa y media; cuadro de su composicion; análisis de algunas españolas y su clasificacion; ulla seca, ulla grasa, ulla media; yacimiento de cada una; metamorfismo de la Ulla al contacto de una roca volcánica, ilustrado por medio de una figura; accidentes mas comunes en el criadero de la ulla; procedencia de este y de los demas combustibles y teorías sobre su formacion; árboles enteros y de pié en el terreno carbonífero; localidades extranjeras; produccion de carbon en Inglaterra, Francia, Bélgica, Alemania &c.; localidades españolas; distritos carboníferos de la Península; aplicaciones.—Cuarta especie.—Antracita; sinonimia; definicion; cuadro de la composicion de algunas antracitas; variedades; yacimiento; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones.—Quinta especie.—Grafito; sinonimia; definicion; variedades; yacimiento; localidades extranjeras y españolas; aplicaciones; diamante; definicion y yacimiento..... 353

Págs.

PARTE SEGUNDA.—Capítulo II.—Clasificacion cronológica de las rocas; terrenos y formaciones, objeto de este capítulo; roca; formacion; terreno independiente, paralelo, horizonte geognóstico; division de la historia del globo en dos grandes períodos; terrenos cristalinos y de sedimento; necesidad de nuevas divisiones; carácter mineralógico; carácter estratigráfico; carácter paleontológico; cuadro general de clasificacion de los terrenos; cuadro de los terrenos fosilíferos, con la correspondencia de varios autores y los fósiles mas característicos de cada uno..... 5

Primera série, neptúnica.—Terrenos de sedimento.—Artículo 1.°—Estratigrafía; definicion; estratificacion; capas, bancos ó lechos; planos de estratificacion, de juntura y de crucero; hilada, piso, grupo, terreno; estratos esenciales, habituales, subordinados; sobreposicion; direccion ó rumbo; brújula de geólogo y modo de usarla; inclinacion; relacion entre esta y el rumbo demostrada con figuras; clinómetro; líneas anticlinal y sinclinal; causas de error en la inclinacion y aplicacion de estos principios; concordancia y discordancia; estratificacion trasgresiva; estratificacion diagonal ó cruzada; salto, resbalamiento y falla ó soplado; filon, tifon y dike; estratos invertidos; representacion de la teoría del levantamiento de las capas; cráter de levantamiento y de erupcion; estratificacion ondulada explicada por el experimento de Hall; replegamiento de las capas por hundimiento ó presion; estratificacion en abanico, ilustrada con el corte de San Gotardo, hecho por Gimbernat; cuenca; aplicacion de los datos estratigráficos y de la teoría de los levantamientos, con los datos que la confirman..... 23

Artículo 2.°—Geografía fisiológica; idea de este ramo del saber y su division.—Seccion primera.—Condiciones biológicas del globo; los séres de todos tiempos ajustados al mismo plan de organizacion; relaciones entre el reino vegetal y animal.—Primera condicion.—Temperatura; accion del calor sobre las plantas; aplicacion.—Segunda condicion.—Luz; influencia de este agente.—Tercera condicion.—Agua; modo de obrar sobre los vegetales.—Cuarta condicion.—Atmósfera; accion de este agente.—Quinta condicion.—Suelo vegetal; accion física y química sobre las plantas; las propiedades físicas de las rocas determinan el carácter de las tierras; la influencia química se ha exagerado; plantas halófilas; principios generales que rigen esta materia; importancia de las condiciones geográficas; resúmen.. 47

Seccion segunda.—Fitostática ó estadística vegetal; la distribucion de las plantas se refiere á las especies; la especie tipo fijo; orígen de la especie; edades; geografía botánica y agrícola; en qué se distinguen; topografía y distribucion geográfica de las plantas; division del reino vegetal; las plantas no han aparecido simultánea, sino sucesivamente; cuna ó centro de creacion; área de dispersion ilustrada con figuras; modo de determinarla; causas de la circunscripcion de las áreas; plantas sociales y aisladas; aplicaciones; estacion y habitacion de las plantas; clasificacion de las estaciones; flora; vegetacion; regiones botánicas, segun Wildenow, Humboldt, Decandolle,

TOMO II.

Págs.

padre, Jussieu, Decandolle hijo, Schouw; descripcion é indicacion del carácter que ofrece cada una de las 20 regiones que admite este. 59
Aritmética botánica; consideraciones generales; las criptógamas aumentan hácia el polo; cuadro de la proporcion de cada una de las principales familias con referencia á la masa total de fanerogamas en las diferentes zonas; aplicaciones de estos datos; influencia del calor en la distribucion de las plantas; zonas de vegetacion y aplicaciones; accion que ejerce la luz; los climas han sido diferentes en los diversos períodos geológicos; climas terrestres; climas mistos; climas solares; influencia del agua en la distribucion del reino vegetal; influencia de la atmósfera; aplicaciones; influencia del suelo; esta es física y química; suelo ó tierra vegetal; subsuelo; rocas subyacentes; clasificacion química de las rocas que entran á componer el suelo; cuadro de las rocas, segun el modo de desagregacion; rocas pelogenas, samogenas y pelosamogenas; relacion entre la naturaleza de las rocas y la de sus productos; la roca subyacente suministra al suelo productos diversos; determina con el subsuelo la permeabilidad de aquel; escala de higroscopicidad de las rocas; aplicaciones de estos datos; la orografía de un país se puede explicar por la naturaleza de sus detritus; influencia de la orografía, ilustrada con ejemplos; especies preferentes y adherentes; aplicaciones; resúmen de las ideas de Thurmann sobre esta materia; la accion química de las rocas no puede excluirse de un modo absoluto; plantas de terrenos salíferos; las plantas ofrecen los mismos elementos en terrenos de distinta naturaleza; aplicaciones; especies propias de las pizarras; plantas de terrenos arenosos; plantas graníticas; de pizarras y areniscas; basálticas; anfibólicas; salinas del Keuper; Herrera y Roxas Clemente; regiones botánicas españolas, segun Cook; regiones botánicas de la provincia de Madrid, segun Cutanda; coincidencia con la edad de los terrenos de esta provincia; observaciones de Reuter; estudios de Willkomm sobre la Península. 75
Seccion tercera.—Geografía zoológica; definicion de esta ciencia creada por Buffon, Zimmermann y Humboldt; condiciones para la existencia del reino animal.—Primera condicion, la existencia de las plantas; segunda, la atmósfera; tercera y cuarta, el calor, la luz y la presion.—Cuna y área de dispersion; Fáuna; distribucion geográfica de los animales; causas dependientes de la naturaleza propia de estos y extraña á su organizacion; aplicaciones; carácter del reino animal en los distintos períodos de la historia terrestre, y en las de las diversas regiones del globo; mamíferos; distribucion en cinco regiones; particularidades de la distribucion de estos séres; los tipos análogos se repiten en los diversos continentes; aves, uniformidad de su distribucion; reptiles, su distribucion; peces, division y distribucion; insectos, crustáceos, moluscos, su division, clasificacion é importancia de su distribucion actual para el conocimiento de los fósiles; moluscoideos, briozoos, fitozoos, radiarios, equinodermos, asterideos, ofiuroideos, crinoideos; consideraciones generales y distribucion de estos grupos; pólipos, estudio de su organismo; division en fitozoos glo-

Págs.

bulosos; foraminíferos, importancia de estos; infusorios y espongiarios; distribucion de estos grupos..... 105
Artículo 3.°—Paleontología; definicion; etimología de esta palabra; utilidad de su estudio; division en Paleozoología y Paleofitología; fósil; que debe entenderse por tal, segun Pictet y D'Orbigny; fósil idéntico, análogo, perdido ó extinguido; fáuna y flora fósil; clasificacion de los fósiles en primarios, secundarios, terciarios &c., segun el terreno en que se encuentran; humatiles, orgánicos, semiorgánicos y petrificados, segun el estado de alteracion que ofrecen; fósil; incrustracion y petrificacion..... 128
Fosilizacion ó sea procedimiento que emplea la naturaleza en la conversion de los animales y plantas en fósiles; condiciones para que esto se realice; accion de la presion; sustancias fosilizadoras; procedencia de la caliza; orígen de la Sílice &c.; diferentes especies de fosilizacion; 1.ª alteracion; 2.ª incrustacion; 3.ª introduccion mecánica; 4.ª penetracion molecular; 5.ª sustitucion; 6.ª conversion química; 7.ª trasformacion; mecanismo de la fosilizacion; por la accion mecánica no es difícil de comprender; por la vía química es bastante misteriosa esta operacion..... 134
Molde; impresion; contra impresion; nomenclatura de D'Orbigny; huellas ó vestigios de animales; ichnites é ichnitología; coprolites; localidades célebres por la abundancia de estos; impresiones físicas..... 143
Carácter paleontológico; relacion entre la Estratigrafía y la Paleontología y modo de considerar el estudio de estos dos ramos que son solidarios; casos en que es indispensable la Estratigrafía; otros en que se demuestra la necesidad de la Paleontología; en la Península, no se puede dar un paso sin esta; ideas de Brongniart, de Pictet, de Barrande y de otros geólogos sobre el particular; resúmen de esta materia y aplicacion á la práctica..... 148
Division de la historia terrestre en cuatro grandes épocas ó secciones que corresponden á las admitidas por Cuvier; primera época histórica; segunda de los grandes paquidermos; tercera de los reptiles extraordinarios, y cuarta de la primera aparicion de la vida; subdividida en terreno carbonífero, devonio y silurio; igual division respecto del reino vegetal..... 155
Sucinta exposicion de las principales leyes paleontológicas, segun Pictet. 158
Estudio de las causas físicas y orgánicas que han contribuido á extinguir las Fáunas y Floras que caracterizan los terrenos; aparicion de nuevos séres y teorías que se han inventado, á saber: 1.ª traslacion de las Fáunas locales; 2.ª creacion única; 3.ª creaciones sucesivas; principio general ó síntesis; cuadro de la distribucion y número de los moluscos y radiarios encontrados en los diferentes terrenos segun D'Orbigny, con objeto de hacer ver la importancia de su estudio; elocuentes palabras de Cuvier en elogio de la Paleontología..... 166
Capítulo III.—Descripcion particular de terrenos.—Primera série.—Neptúnica.—Período primero.—Terreno moderno; sinonimia; definicion; division en cinco grupos ó formaciones; importancia de su estudio.—Primer grupo.—Formacion madrepórica; definicion; distribucion geo-

gráfica; aplicaciones; guano.—Segundo grupo.—Formacion turbácea; definicion &c.—Tercer grupo.—Formacion detrítica; definicion; division en tierras vegetales y vírgenes; arenas movedizas y salíferas; escombros de las montañas y canchales modernos.—Cuarto grupo.—Formacion diluvial; definicion; division en fluvial y marina; aplicaciones.—Quinto grupo.—formacion tobácea; definicion; division en terrestre y marina; fósiles de los terrenos modernos; utilidad del conocimiento de estos terrenos..... 172

Período segundo.—Terreno cuaternario; sinonimia; definicion; division en formaciones aluviales y erráticas ilustrada con varios cortes; clasificacion del terreno cuaternario, propuesta por Archiac; doctrina de este geólogo acerca del particular; doctrina de Gras y division que propone; doctrina de Morlot, segun los últimos datos adquiridos en Suiza sobre este terreno; resúmen; division del terreno cuaternario en una formacion diluvial intercalada entre dos glaciales ó erráticas..... 181

Seccion primera.—Formaciones erráticas, antigua y reciente; fenómeno errático del N.—Explicacion de estos hechos extraordinarios; accion de las nieves perpétuas..... 195

Playas y costas levantadas; terraplenes paralelos; modo de formarse &c. 201

Seccion segunda.—Formaciones diluviales; formacion de los Oesars en Suecia y Alemania; depósito del Lehm ó Lœss; diluvio propiamente dicho; depósitos lacustres y de Tobas; formacion del Till en Escocia; carácter del Lehm; distincion del de Ukrania ó Tschornoizen del regur y del légamo pampero ó de las pampas de Buenos Aires; diluvio ó drift; division de los valles y de las mesetas; diluvio de la Picardía, con la indicacion de los restos de la industria humana recientemente encontrados en esta region, cuestion enlazada con la aparicion del hombre en la tierra; dientes humanos de Monticelli, citados por Ponzi; señales de la accion del hombre sobre los huesos cuaternarios; diluvio de los terraplenes; congelacion del diluvio del N.; hallazgo de un Mamut entero en el hielo; extincion de los elefantes de Siberia y causas á que puede referirse; drift de Norfolk, abundancia de defensas de elefante; diluvio del Támesis; Mastodonte cuaternario segun Lyell; depósitos auríferos y de piedras preciosas en el Altai; oro diluvial de Siberia; cantidades fabulosas de este metal, obtenidas en Australia; pepitas enormes; platino; hierro meteórico diluvial; piedras preciosas; localidades célebres por los aluviones auríferos; distribucion geográfica de la formacion diluvial; cavernas huesosas; consideraciones generales acerca de este hecho característico del período diluvial; localidades importantes en el extranjero y en la Península; brechas huesosas; localidades é importancia; cuadros de las cavernas y brechas huesosas mas célebres, con restos del hombre ó sin ellos, segun Marcel de Serres; travertino cuaternario; flora y fáuna diluvial; materiales útiles del terreno cuaternario y condiciones agrícolas é industriales..... 203

Período tercero.—Terrenos terciarios; sinonimia; definicion; carácter mineralógico; carácter estratigráfico y paleontológico; disposicion en general del terreno terciario en Europa y América; extension y dis—

Págs.

tribucion geográfica en Europa y en la Península; historia y division del terreno terciario; clasificacion de Arduino, Cuvier y Brongniart, Parkinson, Desnoyers, Lyell y Deshayes; division en eoceno, mioceno y plioceno; espesor del terreno terciario..... 237
Primer grupo.—Terreno terciario superior; sinonimia; carácter mineralógico; division en formaciones lacustres y marinas; plioceno de Sicilia; plioceno de Roma; crag de Northwich; crag de Suffolk; crag de Holanda; carácter paleontológico y estratigráfico; distribucion geográfica; localidades españolas; materiales útiles de este terreno..... 245
Segundo grupo.—Terreno terciario medio; sinonimia; carácter mineralógico, estratigráfico y paleontológico; distribucion geográfica; mioceno de París, de Viena; molasa suiza; mioceno español; gran desarrollo de este terreno en la Península; materiales útiles de este terreno. 251
Tercer grupo.—Terreno terciario inferior; sinonimia; carácter mineralógico, estratigráfico y paleontológico; historia y division del terreno eoceno; cuadro de la clasificacion de este terreno, segun Archiac; cuadros de la antigua y reciente division propuestas por Lyell; cuenca de París; cuenca de Lóndres; paralelismo entre ambas; cuenca de Suiza, del Vicentino; cuencas españolas; cuadro de la clasificacion del terreno eoceno catalan, puesto en parangon con el de otras regiones, por el Dr. Vezian; distribucion geográfica en Europa y Asia; distribucion en la Península; materiales útiles de este terreno.. 260
Período cuarto.—Terrenos secundarios; definicion; division.—Primer grupo.—Terreno cretáceo; sinonimia; definicion y carácter mineralógico, estratigráfico y paleontológico; extension y distribucion geográfica; terreno cretáceo español; espesor del terreno; division..... 275
Primer piso.—Cretáceo superior; definicion; carácter mineralógico, estratigráfico y paleontológico; division; 1.° creta de Maestricht y caliza pisolítica; caliza de Faxoe en Dinamarca; 2.° creta blanca superior é inferior; 3.° creta verde ó clorítica; 4.° Gault; extension y distincion geográfica; creta superior española; cortes de la Muela de S. Juan y entre Calomarde y Frias..... 279
Segundo piso.—Cretáceo inferior; definicion y division; arenisca verde inferior; Neocomio; formacion weáldica; extension y distribucion geográfica; cretáceo inferior español; gran desarrollo; materias útiles, formas y accidentes de este piso y aplicaciones..... 286
Segundo grupo.—Terreno jurásico; sinonimia; carácter estratigráfico, mineralógico y paleontológico; espesor y distribucion geográfica; division en pisos segun Lyell, y clasificacion adoptada.—Primer piso.—Portlándico; subdividido en formacion de Purbek; portlándico y kimmeridgico; Purbeck, su division en superior, medio é inferior; carácter de cada uno; cuadro de los cambios que ha experimentado el suelo en el S. E. de Inglaterra, desde el piso de Portland hasta el de la arenisca verde inferior, segun Lyell; Purbeck francés y del Jura; portlándico y kimmeridgico; cordillera del Jura, Baviera, Francia, España; formas y accidentes del piso portlándico; bonherz ó hierro limonita suizo..... 295
Segundo piso.—Oxfórdico; definicion y carácter mineralógico; division

en dos formaciones; coral rag y arcilla de oxford; oxfórdico del Jura; oxfórdico de España; carácter paleontológico; formas y accidentes de este piso y materiales útiles..... 307
Tercer piso.—Bathónico; carácter mineralógico y division en bathónico y bayocico; grande oolita y oolita inferior; grande oolita de Stonesfield; hallazgo de mamíferos notables en esta localidad; oolita inferior; piso bathónico español; carácter paleontológico; distribucion geográfica; materiales útiles; carácter de la vegetacion..... 312
Cuarto piso.—Liásico; definicion; carácter mineralógico; division en superior, medio é inferior; carácter estratigráfico; inversion del jurásico inferior de Saboya; explicacion de este hecho, segun E. de Beaumont, Studer, Favre y otros; carácter paleontológico; lias superior; lias medio; lias inferior; caractéres que distinguen á cada uno; distribucion geográfica; lias español; formas y accidentes del lias; materiales útiles que suministra este terreno..... 316
Tercer grupo.—Terreno triásico; sinonimia; definicion y carácter estratigráfico; carácter mineralógico y division en tres pisos; Trias español.—Primer piso.—Keuper; arcillas, sal, yeso &c.; corte de Carlet.—Segundo piso.—Muschelkalk.—Tercer piso.—Arenisca abigarrada ó rodeno; corte de Espadan; formas y accidentes del terreno triásico; agujas de Santa Agueda; distribucion geográfica y desarrollo del trias en Europa y en América; importancia que ofrece en la Península; carácter paleontológico del trias; primera aparicion de los mamíferos; materias útiles del trias..... 324
Quinto período.—Terrenos paleozóicos; sinonimia; consideraciones generales sobre la historia de este gran período; carácter mineralógico, estratigráfico y paleontológico; division propuesta por algunos en parte azóica y parte fosilífera; division admitida en cuatro grupos, pérmico; carbonífero; devonio y silurio; enorme espesor de este período; extension y distribucion geográfica..... 334
Primer grupo.—Terreno pérmico; sinonimia; definicion; carácter mineralógico en Inglaterra y Turingia y division en tres pisos, Zechstein, Kupferschiefer y Rothliegendes; carácter paleontológico; corte teórico con las tres divisiones admitidas; espesor del terreno; extension y distribucion geográfica; existencia problemática en España; formas, accidentes y materiales útiles del terreno pérmico..... 338
Segundo grupo.—Terreno carbonífero; sinonimia; carácter mineralógico; carácter estratigráfico; inversion de este terreno en algunas regiones de Europa y en la Península; disposicion en cuencas circunscritas lacustres, análogas á las Turberas y en grandes depósitos marinos; relacion entre cada uno de estos modos de presentarse y el procedimiento empleado por la naturaleza en su formacion; accidentes estratigráficos característicos del terreno ilustrados por medio de cortes y figuras; extension y distribucion geográfica; cuadro de la superficie ocupada por este terreno en las principales cuencas del globo y cantidad de combustible que producen; espesor del terreno carbonífero y su division en tres pisos; superior, coal measures, medio, Millstone-grit, é inferior ó caliza de montaña; descripcion particular de cada

Págs.

uno; piso superior; carácter mineralógico, estratigráfico y paleontológico; bosques fósiles y carácter dominante de la vegetacion carbonífera; lluvia fósil; formacion de la Ulla á la manera de los Alfaques modernos; formaciones marinas y lacustres; reptiles carboníferos; localidades españolas; piso medio; caractéres que lo distinguen; piso inferior; goma elástica fósil; metales y fósiles animales; caliza de montaña en la Península; materiales útiles del terreno carbonífero.. 343
Tercer grupo.—Terreno devonio; sinonimia é historia; definicion y carácter mineralógico; carácter estratigráfico; division ilustrada con un corte teórico en el que aparecen los tres pisos, superior, medio é inferior; terreno devonio inglés; carácter paleontológico; espesor de este terreno; extension y distribucion geográfica; terreno devonio español; detalles sobre cada uno de sus tres pisos; cuadro de la composicion de estos; materias útiles del terreno devonio, y fisonomía del de Astúrias..... 360
Cuarto grupo.—Terreno silurio; sinonimia; historia de la série paleozóica; carácter mineralógico y estratigráfico del silurio; carácter paleontológico; espesor y division; cuadro del silurio en Inglaterra; capa de peces fósiles; indicacion de los restos orgánicos característicos de cada piso; cuadro de las rocas silúricas en los Estados Unidos; consideraciones sobre el piso cámbrico; últimos descubrimientos de Murchison en el N. O. de Escocia; silurio de la Bohemia y estudios de Barrande sobre la fáuna primordial, con sus célebres colonias y comparacion de este terreno con el de otras regiones clásicas; cuadro de los géneros y especies fósiles de la fáuna primordial; fósiles encontrados por Barrande en la colonia Krejci; explicacion de las colonias silurias; especies proféticas ó precursoras; cuadro de estas en los diversos horizontes silurios; cuadro de la intermitencia de géneros y especies en la fáuna segunda de Bohemia; cuadro de las especies propias á la segunda y tercera en el que se indican varias intermitencias; silurio español; piso superior; su existencia es problemática en la Península, segun Verneuil; piso medio; criadero de Fosforita de Logrosan, su descripcion segun Naranjo y Peñuelas, ilustrada con un corte; distrito de Almaden, descripcion de los materiales y fósiles, con los accidentes que aquellos ofrecen, segun Prado; silurio de Aragon; piso inferior ó fáuna primordial; últimos descubrimientos hechos por Prado en Leon y Astúrias; distribucion del terreno silurio en Europa y América; formas, accidentes y materiales útiles..... 369
Período sexto.—Terrenos azóicos; sinonimia; definicion; extension geográfica; division en tres grupos ó formaciones.—Primer grupo.—Formacion esteatítica; definion y consideraciones generales acerca de su importancia.—Segundo grupo.—Formacion micácea; definicion y consideraciones generales.—Tercer grupo.—Formacion gneísica; definicion y consideraciones..... 404
Segunda série.—Ignea; definicion; cuadros ilustrativos de Burat; caractéres generales de la série y division en dos períodos.—Primer período.—Terreno agalísico; definicion y division.—Primer grupo.—Formacion granítica; definicion; límites y carácter mineralógico; ex-

tension vertical y geográfica; formas y accidentes: condiciones agrícolas y materias útiles de la formacion 408
Segundo grupo.—Formacion porfídica; definicion; composicion; division en tres miembros.—Primer miembro ó sistema, porfídico propiamente tal.—Segundo miembro.—Ofiolítico ó serpentínico; extension y distribucion geográfica.—Tercer miembro.—Piroxénico; extension y distribucion; formas y accidentes que comunica al terreno y materiales útiles 416
Segundo período.—Terrenos volcánicos; definicion y division en tres grupos.—Primer grupo.—Formacion traquítica; definicion y accidentes; extension y distribucion; carácter orográfico; materiales útiles; condiciones agrícolas.—Segundo grupo.—Formacion basáltica; definicion; accidentes y formas características; extension y distribucion geográfica; carácter orográfico; materiales útiles de esta formacion.—Tercer grupo.—Formacion lávica; definicion y consideraciones generales; elementos mineralógicos de esta formacion; extension y distribucion; aplicaciones 420
Terreno volcánico español; descripcion detallada de sus cuatro grandes regiones 426
Capítulo IV.—Mapas geológicos y agronómicos; idea de lo que son estos mapas; modo de llevarlos á cabo; cuadro de los signos que se emplean en los geológicos; reglas y circunstancias que hay que tener en cuenta; diferentes clases de mapas geológicos; mapas petrográficos; objeto y ventajas de los agronómicos &c. 440
PARTE TERCERA.—Geotegnia ó Geología aplicada; consideraciones generales acerca de esta parte de la obra, y su division en industrial y agrícola 451
Capítulo I.—Geología industrial; asociaciones y criadero de los minerales; armonía que se nota en la aparicion, distribucion y asóciacion de los minerales en familias; cuadro de la distribucion de los cuerpos simples en la naturaleza y consideraciones que se desprenden de su exámen; division de las asociaciones en dos clases 452
Artículo 1.—Criaderos; definicion y division en generales y particulares; caractéres que los distinguen 456
Seccion primera.—Criaderos generales; definicion é índole de estos criaderos; indicacion de las materias que ofrece cada terrèno, considerado como criadero general 458
Seccion segunda.—Criaderos particulares; Mena; Ganga; caja del criadero; terrenos metalíferos; mena cultivada y agotada; zafra; bacíscos; roca estéril; criaderos regulares é irregulares; verdadera base para la distincion de las diversas especies de criaderos; division.—§ 1.°—Criaderos eruptivos; definicion y consideraciones generales.—§ 2.°—Criaderos de contacto; definicion y consideraciones generales.—§ 3.°—Criaderos metamórficos; definicion y consideraciones generales.—§ 4.°— criaderos regulares, ó filones; definicion; consideraciones generales; estructura de los filones; yacente y pendiente; astial; salbanda; cresta del filon; direccion é inclinacion; campos de fractura; composicion de los filones; materias que con mas frecuencia hacen

Págs.

oficio de ganga; forma y estructura de los filones; distribucion del mineral en estos &c..... 465
Artículo 2.°—Teorías sobre la formacion de los criaderos metaliferos; ideas de Werner; doctrina de Elie de Beaumont; ideas de Fournet; doctrina de Daubrée; relacion entre los filones y las fuentes minero-termales; coincidencia entre las fallas y las fuentes minerales, segun Ebray; breve indicacion de los principales criaderos metaliferos de Europa y de la Península..... 479
Cuadro de la produccion mineral y del estado de la minería en España; cuadro de la produccion mineral en los diferentes puntos del globo; estado de la produccion mineral en Europa segun Burat; cuadro resúmen de la estadística mineral en el año 1854 en todo el globo, segun Whitney; cuadro trazado por el mismo del valor aproximado de los metales obtenidos en 1854; aplicacion de la teoría de los filones al terreno de la práctica..... 496
Artículo 3.°—Compañeros ó asociaciones de los minerales; feldespato y sus compañeros; cuarzo y los suyos; mica; caliza; hierro y sus compañeros; estaño y tungsteno; oro; plata; cobalto &c..... 503
Descripcion de los metales mas importantes, bajo el punto de vista de su aplicacion industrial; hierro y sus diversas especies, caractéres físicos; yacimiento y localidades extranjeras y españolas; criaderos y compañeros del hierro; cobre, idem idem; cuadro de la produccion del cobre en los diversos paises de Europa; plomo; galena; criaderos y compañeros; yacimiento y relaciones geognósticas; cuadro de la produccion del plomo en Europa; estaño; criaderos y compañeros; zinc; blenda; calamina; criaderos y compañeros; localidades españolas; mercurio; cinabrio; compañeros y criaderos; Almaden; plata con todas sus especies y variedades; criaderos y compañeros; localidades españolas de cada una; cuadro de la produccion de plata en Europa; oro; criaderos y compañeros; historia de la produccion del oro y de la plata desde el principio de la era cristiana hasta nuestros dias, segun Narsés Tarassonko, Ostreschkoff; platino; criaderos y compañeros; antimonio; compañeros y criaderos; arsénico; rejalgar y oropimente; cobalto; compañeros y criaderos; manganeso; yacimiento; localidades españolas; azufre; criaderos y compañeros... 506
Artículo 4.°—Geología hidrográfica; Hidrografía exterior y subterránea; causas de una y otra; cantidad media de agua que recibe la tierra anualmente; cuadro en que se expresa la cantidad media anual que cae en diferentes puntos del globo; teorías sobre la procedencia del agua subterranea; carácter de la Hidrografía exterior; su analogía con la interior, definicion de manantial y fuente; permanentes, variables; intermitentes; explicacion de estos por medio del sifon, ilustrado con figuras; aguas minerales y termales; causas de la termantilidad de las aguas; posicion geognóstica de los manantiales termales; principios estratigráficos que conviene tener presentes para comprender y utilizar la existencia de corrientes subterráneas; rocas que se presentan en masa y estratificadas; rocas y terrenos permeables; rocas impermeables; resúmen de los principios establecidos por

el abate Paramelle en el arte de buscar fuentes ó aguas subterráneas; simas de Bombaron; feliz aplicacion de los conocimientos geológicos; diversa aptitud de los terrenos para la existencia en ellos de corrientes subterráneas y de manantiales; cuadro de la clasificacion de las aguas dulces, segun su bondad; cantidad de agua que puede obtenerse segun los terrenos; condiciones y terrenos mas favorables á la existencia de manantiales; aplicacion á la práctica de los principios indicados; procedimiento propuesto por Babinet para procurarse fuentes artificiales; importancia del Pluviómetro y explicacion de este aparato; medio propuesto por Dumas para proporcionarse manantiales y evitar las inundaciones 531

Pozos artesianos; etimología del adjetivo artesiano; pozos absorbentes; teoría de los artesianos, ilustrada con una lámina intercalada; condiciones en el terreno favorables á las aguas artesianas; la cantidad de líquido que suministran estos pozos es constante; calidad de las aguas artesianas; modo de operar con la sonda; pozos inversos; objeto y utilidad; modo de evitar que se obstruyan; aplicacion de los pozos artesianos é inversos 553

Capítulo II.—Geología agrícola; objeto que se propone esta parte de la ciencia aplicada; tres cuestiones tiene que resolver.—Artículo 1.°—Orígen, naturaleza y propiedades de las tierras; definicion de tierra vegetal; suelo; subsuelo y roca subyacente; procedencia de la tierra vegetal; tierras locales y de trasporte; mantillo local y de trasporte; composicion de la tierra vegetal; nociones de Fisiología vegetal destinadas á ilustrar la materia; accion del agua, del aire, del calor y de la luz en la germinacion; mecanismo y reacciones químicas que se verifican en la germinacion; absorcion, exhalacion, respiracion, circulacion, nutricion y secreciones, fecundacion &c.; cuadro de la cantidad de cenizas que dan por incineracion diversas plantas; cuadro de la composicion de diferentes vegetales; deducciones que pueden sacarse del exámen de estos cuadros; procedencia de las diversas sustancias que se encuentran en la tierra vegetal; sílice; arcilla; cal; modo de obrar de la cal y de sus diversas combinaciones; magnesia; hierro; mantillo 567

Propiedades físicas y análisis de las tierras; primera, densidad; definicion; modo de apreciarla; cuadro de la densidad de diferentes tierras y consecuencias que pueden sacarse; segunda, tenacidad ó cohesion; definicion; modo de llegar á conocerla; cuadro de la tenacidad de diversas tierras y deducciones; tercera, permeabilidad y capilaridad; definicion; modo de apreciarlas y consecuencias; cuarta y sétima, absorcion y poder retentivo del agua y de la humedad; idea de lo que son estas propiedades; modo de apreciarlas y cuadros del grado en que las poseen diferentes tierras; quinta, desecacion al aire libre; importancia de esta propiedad; modo de apreciarla y cuadro del diferente grado en que la poseen ciertas tierras; sexta, disminucion de volúmen por la desecacion; modo de conocerla y cuadro; octava, absorcion de los gases; modo de apreciarla y cuadro; deducciones que se desprenden; novena, absorcion y poder retentivo del calor;

Págs.

causas á que puede referirse esta propiedad y circunstancias que la modifican; cuadro y consecuencias..... 589
Análisis de las tierras; cuantitativa y cualitativa; eleccion de las que se analizan; modo de verificar la operacion; clasificacion de las tierras y cuadro; circunstancias que debe reunir una tierra para poderla considerar como tipo..... 601
Descripcion de las diferentes tierras.—Primera clase.—Suelos arcillosos; nombres que reciben y su razon; caractéres que las distinguen; caractéres del Bugeo segun Clemente; tierras arcilloso-ferruginosas, arcilloso-arenosas.—Segunda clase.—Suelos arenosos; arenas y barros de Clemente; nombres que llevan, y razon en que se fundan; caractéres que las distinguen; plantas que se crian en ellas; tierras arenoso-arcillosas; arenoso-cuarzosas; arenoso-graníticas; arenoso-volcánicas, &c.; cuadro de la composicion de algunas tierras arenosas; Apéndice; tierras de pizarras arcillosas las mejores, segun Clemente, para el cultivo de la vid.—Tercera clase.—Suelos calizos; Albariza ó Albero; caractéres que las distinguen y plantas que les convienen; tierras de arenas calizas, cretosas, tobáceas, margosas.—Cuarta clase.—Suelos magnésicos; caractéres é importancia.—Quinta clase.—Suelos humíferos; caractéres que los distinguen y division; tierras humíferas por excelencia; tierras turbosas y de lagunas salobres..... 607
Artículo 2.º—Mejoramientos y abonos; idea de unos y otros, division en dos secciones.—Seccion primera.—Mejoramientos; definicion y division.—§ 1.º—Saneamiento de tierras, considerado como poderoso recurso para mejorar sus condiciones; circunstancias que pueden determinar el encharque de una comarca y medios que en cada uno de estos casos debe ponerse en práctica para comunicar á las tierras las condiciones de fertilidad que se desea.—§ 2.º—Riegos; conveniencia de este mejoramiento; calidad de las aguas, segun el punto ó terrenos de su procedencia; condiciones que se necesitan de parte del suelo para que aquel sea conveniente; condiciones climatológicas que exigen su uso.—§ 3.º—Labores agrícolas; no son de la incumbencia del *Manual*.—§ 4.º—Sustancias que con mas frecuencia se emplean como mejoramientos; ventajas inmensas de los mejoramientos y circunstancias que conviene tener presentes para servirse de ellos; division en silíceos, arcillosos, calizos &c.; mejoramientos silíceos; definicion; modo de obrar y tierras á que convienen; mejoramientos arcillosos; definicion; division; modo de obrar de cada uno; práctica de los hormigueros; ventajas que proporciona y principios en que se funda; mejoramientos calizos; definicion; division y tierras en que convienen; marga; greda; marga arcillosa; marga caliza; modo de obrar; medio de apreciar la cantidad de caliza útil que contiene; cuadro de la cantidad en que debe emplearse, segun diferentes circunstancias; modo de obrar de la marga sobre la tierra; cal viva; accion múltiple sobre el suelo; distincion en grasa, seca é hidráulica; modo de obrar de cada una; doctrina de Rozier sobre el encalado de las tierras; condiciones que exige esta práctica; yesones y argamasas; obran física y químicamente y de un modo muy eficaz; importancia de este

mejoramiento y abono á la vez; análisis de los yesones; falun; modo eficaz de obrar como mejoramiento y abono; arenas de mar; Merl, Trez y Tanga; detritus de conchas, erizos y zoofitos depositados en las costas; ventajas del uso de todas estas sustancias..... 619

Seccion segunda.—Abonos; definicion; modo de obrar de las sustancias que se emplean como tales; procedencia de las materias primeras que se encuentran en el tejido de las plantas; division en orgánicos y minerales.—§ 1.°—Abonos orgánicos; mantillo; guano; definicion; procedencia; cuadro de la composicion del guano; tierras á que conviene este abono y cantidad en que debe usarse.—§ 2.°—Abonos minerales; yeso; orígen del uso de esta sustancia en Suiza y en los Estados Unidos; modo de usarlo; tierras en que conviene este abono; plantas que mas lo apetecen; fosfato de cal; modo de obrar; rotacion de las cosechas; extracto de una memoria de Bloblique, sobre el empleo de los nódulos de fosfato calizo; cenizas de turba, de ulla, de lignito; sal comun; dudas acerca de su importancia; condiciones que exige este abono de parte del terreno; plantas á que conviene; sustancias amoniacales; sulfato; clorhidrato y carbonato de amoniaco; en qué se funda la importancia de estos abonos; nitrato de potasa y de sosa; potasa y sosa; influencia de estos abonos en la vegetacion &c..... 650

Artículo 3.°—Terrenos en que se hallan los mejoramientos y abonos.—§ 1.°—Terreno moderno; sustancias que suministra.—§ 2.°—Terreno cuaternario; materias que proporciona.—§ 3.°—Terrenos terciarios; mejoramientos y abonos que se encuentran en cada uno de sus tres pisos.—§ 4.°—Terrenos secundarios; riqueza que el agricultor puede hallar en cada uno de sus tres grandes horizontes.—§ 5.°.—Terrenos primarios; materias que suministran en calidad de mejoramientos y abonos.—§ 6.°—Terrenos graníticos y porfídicos.—§ 7.°—Terrenos volcánicos..... 663

PARTE CUARTA y última del *Manual*; Geogenia.—Capítulo único.—Definicion etimológica de la palabra que encabeza este capítulo, y de la Geogonia con que otros designan esta parte de la ciencia; carácter que ofrecia esta, y rumbo que ha tomado en este siglo; division de la historia de la tierra en tres períodos, cosmogónico, geológico é histórico.—Primer período.—Cosmogónico; orígen del globo y de los demas cuerpos planetarios; sistema de Laplace; bases en que se funda y hechos que lo confirman.—Segundo período.—Tiempos geológicos; orígen ígneo de la tierra; ideas de Zimmermann que lo confirman, y experimentos de Plateau que demuestran la forma globular primitiva que debió ofrecer el globo y los cambios que esta ha experimentado por efecto de su movimiento de rotacion, ilustradas con figuras; química primitiva terrestre, segun de la Bêche.—Tercer período.—Hisritóco; hechos que lo caracterizan y su semejanza con los anteriores..... 671

Breve reseña de la historia de la ciencia, y concordancia entre el Génesis y las ciencias modernas..... 684

VOCABULARIO GEOLÓGICO.

Se prescinde en este *vocabulario* de los nombres de autores, y de los específicos de fósiles, por creerlos agenos á la naturaleza de un índice alfabético, en el que solo deben figurar voces técnicas relativas á *Geología* y á las ciencias auxiliares. Las palabras propias extranjeras, admitidas unánimemente en el lenguaje científico, van puestas tal como suenan en el idioma de donde proceden. Otras como Trapp, Wacka, Grauwacka &c., que en mi concepto deben desaparecer por lo vago de su significado, si figuran en este índice es con el objeto de dar á conocer sus equivalentes, ó la página en que se trata de las rocas á que se refieren. Las voces bloque, avalancha, sublevacion, como sinónima de levantamiento y otras, no se encuentran en este índice por razones que están al alcance de todos.

Los números indican la página y el tomo en que se hace mencion ó se trata de la materia á que se refiere la palabra, la letra A significa Atlas y el número la lámina.

A	Tomos...	Páginas.
Abanico (estratificacion en)...	2	40
Abísico (terreno)...	2	324
Abismo.....	1	86
Ablacion (de los ventisqueros)	1	141
Abonos (de las tierras).	2	651
Abortados (granitos).....	1	195
Absorcion (en la nieve de los ventisqueros)...	1	136
Absorcion (del calor por las tierras).....	2	595
Absorbentes (pozos)	2	103
Accesorio (elemento de las rocas).	1	175
Accidental (á la composicion de las rocas).....	1	175
Accion (de los vientos).....	1	96
Acequias.....	1	113
Acero.....	1	343
Acido bórico.....	1	64
Acido carbónico.....	1	59
Actinota (mineral).....	1	173

A	Tomos...	Páginas.
Adelogena (roca).....	1	175
Adherencia (carácter).....	1	178
Adherentes (plantas).....	2	95
Adularia (mineral).....	1	158
Aéreo-neptúnicas (causas).....	1	94
Aereolito diluvial.....	2	221
Afanita (roca)	1	217
Agalísicos (terrenos).....	2	412
Agata (mineral).....	1	164
Agentes físicos.....	1	33
Agentes fisiológicos.....	1	34
Aglomeradas (rocas).....	1	178
Agregadas (rocas).....	1	178
Agua pulverulenta.....	1	27
Agua sólida permanente..... .	1	32
Agua sólida temporal	1	32
Aguas acidulas..... .	2	430
Aguas agrias.....	2	430
Aguas minerales.....	2	538
Aguas termales.....	2	538

A	Tomos...	Páginas.
Aguila (piedra de)	2	508
Agujas (forma de montaña)	1	17
Agujas (accidentes de los ventisqueros)	1	138
Aire (accion sobre el globo)	1	94
Aire de terremoto	1	66
Alabastro calizo	1	215
Alabastro yesoso	1	316
Albaris (nombre local de tierra)	2	605
Albariza (nombre local de tierra)	2	605
Albero (nombre local de tierra)	2	605
Albita (mineral)	1	231
Albitofido (roca)	1	207
Alfaque	1	121
Alisio (viento)	1	106
Almadia	1	120
Almagra (roca)	1	271
Almarjal	1	122
Altas cumbres	1	20
Alteracion (de las rocas)	1	183
Alternativa (de formaciones marinas y lacustres)	2	239
Alud	1	111
Alumbre (mineral)	1	64
Aluminio	1	154
Aluminita (roca)	1	321
Alunita (roca)	1	321
Aluvial (formacion)	2	177
Aluvion glacial	1	142
Aluviones antiguos	2	182
Aluviones fluviátiles	2	178
Aluviones marinos	2	179
Aluviones modernos	2	172
Allalita (roca)	1	171
Amatista	1	163
Ambar (mineral)	1	350
Ambiente	1	81
Amigdaloidea (estructura)	1	180
Ammonites (primera aparicion)	2	332
Ammoníticos (terrenos)	2	295
Amorfo (estado)	1	157
Ampelita (roca)	1	297
Anagenita (roca)	1	281
Análisis mecánica de las rocas	1	176
Análisis química de las rocas	1	177
Análogo (fósil)	2	131
Andesita (roca)	1	220
Anfibolita (roca)	1	217
Anfigena (mineral)	1	231
Anfigenita (roca)	1	238
Anhidrita (roca)	1	316
Ansa	1	28
Antártico (polo)	1	28
Antediluvial (ser)	2	131
Anticlinal (linea)	2	29
Antimonio (mineral)	2	525
Antracífero (terreno)	2	343
Antracita (roca)	1	379
Apagado (volcan)	1	52
Aparicion (de las fáunas)	2	168

A	Tomos...	Páginas.
Arcilla (roca)	1	272
Arcilla cocida	1	330
Arcilla compuesta	1	276
Arcilla de alfarero	1	273
Arcilla de batan	1	272
Arcilla esméctica	1	272
Arcilla figulina	1	273
Arcilla plástica	1	267
Arcilla refractaria	1	275
Arcillofido (roca)	1	205
Arcillolito (roca)	1	205
Arcillosa (estructura)	1	180
Area (de dispersion)	2	63
Arena (roca)	1	279
Arenacea (estructura)	1	180
Arenas (tierras)	2	609
Arena marina (mejoramiento)	2	648
Arena salífera	1	176
Arena vermicular (mejoramiento)	2	648
Arenas voladoras	1	176
Arenisca (roca)	1	281
Arenisca abigarrada	2	324
Arenisca carbonífera	1	286
Arenisca conchífera	2	250
Arenisca cuarzosa	1	282
Arenisca feldespática	1	283
Arenisca de fucoides	2	260
Arenisca elástica	1	287
Arenisca micácea	1	287
Arenisca purpúrea	2	360
Arenisca roja antigua	2	360
Arenisca roja moderna	2	324
Aritmética botánica	2	75
Arrecife de coral	1	146
Arroyada	1	139
Arroyo	1	24
Arroyos (en los ventisqueros)	1	138
Arsénico (mineral)	2	526
Artesiano (pozo)	2	553
Asbesto (mineral)	1	171
Asche (roca)	1	312
Asfalto (roca)	1	351
Astartes (caliza de, piso)	2	308
Asterideos (animales)	2	123
Asperon (roca)	1	281
Astiales	2	474
Atmósfera	2	52
Atrio	1	60
Aurora boreal	1	69
Augita (mineral)	1	170
Augitofido (roca)	1	240
Austral (polo)	1	10
Aymestry (caliza de)	2	373
Azabache (roca)	1	360
Azarbe	1	113
Azoico (terreno)	2	404
Azufre (roca)	1	241
Azurita (mineral)	2	512

B	Tomos...	Páginas.
Bacisco	2	466
Bahía	1	28
Baja mar	1	118
Bala (caliza de)	2	377
Bálsamo de momias	1	351
Balsa	1	120
Belemniten mergel	2	321
Banco (extrato)	2	23
Bancos de Coral	2	174
Barra	1	123
Barranca	1	139
Barranco	1	24
Basalto (roca)	1	231
Basáltica (formacion)	2	423
Basanita (roca)	1	231
Base (de una montaña)	1	16
Bathónico (terreno)	2	312
Bayocico (piso)	2	312
Berrocal	1	191 280
Berroqueña (piedra)	1	190
Berrueco	1	191
Betunes	1	345
Betun de Judea	1	351
Betun elástico	1	352
Bezoar (piedra)	2	146
Blenda	2	516
Bluf	2	205
Boca de rio	1	33
Bol	1	278
Bólidos	1	69
Bombas volcánicas	1	63
Bonherz (aleman)	2	304
Boreal (polo)	1	10
Bosques fósiles	2	353
Brazo de mar (estrecho)	1	28
Braunkohle (aleman)	1	359
Brecha (estructura)	1	231
Brechas huesosas	2	227
Brisa	1	95
Brocatela (mármol)	1	249
Broncita (mineral)	1	169
Brozales	1	114
Bufa (forma de montaña)	1	192
Bufadores	1	64
Bufadors (voz provincial)	2	433
Bugeo (tierra)	2	563
Burgas	2	538
Bustamita	1	219
Buzamiento	2	27

C	Tomos...	Páginas.
Cabeza (filon)	2	474
Cabezas de la roca	2	24
Cabezo	1	16
Cabo (geografía)	1	15

C	Tomos...	Páginas.
Cadena de montes	1	192
Caja (del criadero)	2	465
Cal (mineral y mejoramiento)	1 2	254 584
Cal grasa	1	255
Cal hidráulica	1	256
Cal seca	1	255
Cal sulfatada	1	316
Calamina	2	516
Caldera (cráter volcánico de Palma y de las islas Azores)	A	43
Calcifido (roca)	1	305
Calcio (mineral)	1	155
Calcita (roca)	1	305
Cálido (clima)	1	40
Caliza (roca)	1	244
Caliza arcillosa	1	253
Caliza arcillosa de Vizcaya	1	254
Caliza basta	1	251
Caliza blanca jurásica de Hausman	2	277
Caliza carbonífera ó de montaña	2	357
Caliza conchífera	1	260
Calizas compactas	2	86
Caliza de crinoideos	2	123
Caliza de Faxoe	2	81
Caliza de montaña (España)	2	358
Caliza magnésica	1	312
Caliza pisolítica	2	280
Caliza primitiva	1	305
Caliza silícea	1	251
Calizas simples conglomeradas	1	249
Caliza de transicion	2	369
Calor central	1	6
Calóvico (piso)	2	307
Cámbrico (piso)	2	376
Caminos de Fingal	1	78
Campos de nieve	1	132
Campos de fractura	2	475
Canal (geografía)	1	15
Canchal	1	139
Cancho	1	193
Canto	1	101
Cantos erráticos	2	189
Cañada	1	24
Cañadas (accidente volcánico)	A	43
Capa	1 2	125 23
Capas subordinadas	2	25
Capilaridad	2	594
Carácter estratigráfico	2	10
Carácter mineralógico	2	9
Carácter paleontológico	2	11
Caradoc (formacion de)	2	369
Carbon fósil	1	378
Carbon de piedra	1	364
Carbon de tierra	1	364
Carbonato de cal	1	60
Carbones	1	353
Carboníferos (fósiles)	2	352

C	Tomos...	Páginas.
Carbonífero (grupo), Delabeche	2	342
Carbonífero (terreno)	2	342
Carbono	1	153
Cascada	1	33
Casiterita (mineral)	2	515
Casquijo	2	178
Cataclismo	2	149
Cataclístico (trasporte)	2	186
Catarata	1	33
Causas actuales	1	33
Causas externas	1	33
Causas fisiológicas	1	34
Causas internas	1	33
Caverna	1	71
Cavernas huesosas	2	223
Cavernas huesosas europeas	2	228
Cavernas huesosas extranjeras	2	231
Cayuela (roca)	1	312
Celulares (rocas)	1	178
Cementacion	2	512
Cemento romano	1	257
Cenománico (piso)	2	16
Cenozóicos (terrenos)	2	12
Centrífuga (fuerza)	1	Int.
Centrípeta (fuerza)	1	Int.
Centro de creacion	2	62
Cerro	1	16
Chimenea (de volcan)	1	51
Chinas (v. guijarros)	1	101
Cieno	1	111
Ciclopita (roca)	1	331
Cima (de los montes)	1	16
Cipolino (roca)	1	262
Circo (valle en)	1	25
Clasificacion de rocas (cuadro)	1	186
Clasificacion cronológica (rocas)	2	5
Clasificacion (tierras)	2	604
Clasificacion de terrenos	2	12
Clasificacion química (rocas)	2	86
Clasificacion del eoceno (Lyell)	2	263
Clasificacion del eoceno, (Arch)	2	262
Clástico (v. detrítico)	1	115
Cleavelandita	1	159
Clima	1	39
Clima misto	2	82
Clima terrestre	2	82
Clinómetro	2	29
Clísmico (terreno)	2	181
Clorita pizarrosa	1	303
Cloritoslata	1	303
Coalmeasures (horizonte geológico)	1	369
Cobalto	2	504
Cobre	2	510
Cocolita	1	171
Colina	1	16
Collado	1	20
Colonias (de Barrande)	2	385
Colonias (fósiles de las)	2	386
Color (carácter)	1	181

C	Tomos...	Páginas.
Coloracion de la nieve	1	134
Colorados	2	520
Compactas (rocas)	1	178
Composicion (rocas)	1	175
Composicion (filones)	2	475
Concavidades terrestres	1	22
Conchífera (caliza)	2	325
Concordancia (capas)	2	32
Concrecion (v. incrustacion)	1	246
Concrecionado (v. incrustado)	1	245
Condiciones biológicas	1	Int.
Conductibilidad	1	45
Confluencia	1	32
Confluente	1	32
Conglomeradas (rocas)	1	178
Cónica (forma de montaña)	1	35
Cono (forma de montaña)	1	17
Conos de grava (ventisqueros)	1	138
Consolidacion de los elementos	1	137
Continentes	1	13
Contralecho	1	181
Contraimpresion	2	45
Constante (clima)	1	140
Coprolites	2	146
Coquimbita (mineral)	1	64
Coral rag (piso)	2	307
Cordales (voz asturiana)	1	18
Cordillera	1	192
Cordon litoral	1	115
Cornerina ó cornalina	1	164
Corrientes de las aguas	1	119
Cosmogónico (período)	2	673
Costas (destruccion de las)	1	116
Costas levantadas	2	201
Crag	1	259
Crag de Holanda	2	249
Crag de Norwich	2	248
Crag rojo	2	248
Crag de Sufolk	2	248
Cráter (volcan)	1	51
Cráter de erupcion	1	85
Cráter de levantamiento	1	85
Cresta (del filon)	2	414
Cresta de montaña (v. cima)	1	16
Creta (roca)	1	249
Creta de Maestricht	2	249
Creta blanca superior é inferior	2	281
Creta superior de España	2	284
Creta tufeau (horizonte)	1	261
Creta verde (roca y horizonte)	1	261
	2	282
Cretáceo español	2	278
Cretáceo inferior	2	286
Cretáceo inferior de España	2	290
Criaderos	2	456
Criaderos de contacto	2	469
Criaderos eruptivos	1	468
Criaderos generales	2	457
Criaderos irregulares	1	470
Criaderos metamórficos	1	469

C	Tomos...	Páginas.
Criaderos particulares	2	457
Crinoideos	2	123
Crinoideos fijos	2	124
Crinoideos libres	2	124
Crisólita de los volcanes	1	169
Crisoprasa (mineral)	1	164
Cristal de roca	1	162
Cristales diseminados	1	176
Cristalinas (rocas)	1	189
Cristalofílicas (rocas)	1	292
Cristalofílicos (terrenos)	2	404
Cronología terrestre	2	129
Cruzada (estratificacion)	2	34
Cuadro de terrenos fosilíferos	2	14
Cuarcita (roca)	1	327
Cuarzo	1	162
Cuarzo ahumado	1	162
Cuarzo atopaciado	1	163
Cuarzo eruptivo	1	198
Cuarzo granoso	1	327
Cuarzo litoideo	1	164
Cuaternario (terreno)	2	181
Cucurucho (nombre de montaña)	1	192
Cuenca	1	24
Cuenca hidrográfica	1	33
Cuenca de Lóndres	2	26
Cuenca de Madrid	1	125
Cuencas españolas	2	268
Cuenca de París	2	265
Cuenca Suiza	2	267
Cuenca del Vicentino	2	267
Cuencas carboníferas (cuadro de las)	1	376
Cuna de la especie	2	106
Cúpula (forma de montaña)	1	17

D	Tomos...	Páginas.
Dánico (piso)	2	279
Degenerado (granito)	1	199
Delta	1	115
	1	121
Delta lacustre	1	122
Delta marino	1	122
Densidad de la tierra	1	12
Denudacion	1	123
Depósitos auríferos	2	219
Depresion	1	23
Derrumbadero	1	171
Desagregacion de las rocas	1	98
Desagregadas (calizas)	1	259
Descomposicion de las rocas	1	96
Descripcion de las rocas	1	188
Desecacion de las tierras	2	596
Desembocadura	1	32
Desfiladero	1	20
Deshielo	1	32
Desierto	1	22

D	Tomos...	Páginas.
Desprendimiento de gases	1	56
Destruccion de las rocas	1	99
Detrítico (terreno)	1	115
Devonio (nombre de terreno)	2	360
Dextrina	2	572
Diabasa (roca)	1	217
Diagonal (estratificacion)	2	34
Dialaga (roca)	1	169
Diamante	1	383
Diastasa	2	522
Diente (forma de montaña)	1	17
Dike	2	35
Diluvial (terreno)	2	182
Diluvio congelado	1	145
Diluvio (descripcion del)	2	185
Diluvio alpino	2	210
Diluvio de las mesetas	2	210
Diluvio de los terraplenes	2	214
Diluvio de la Picardía	2	211
Diluvio de los valles	2	209
Diluvium glacial	1	143
Dinámico química (teoría)	1	90
Diorita (roca)	1	217
Diorita orbicular de Córcega	1	217
Dioritina (roca)	1	217
Diopsido (mineral)	1	171
Dique	1	96
Direccion de los estratos	2	26
Direccion de los filones	2	475
Discordancia entre las capas	2	32
Disgeogenas (tierras)	2	88
Disodila (roca)	1	363
Dispersion de las plantas	2	67
Division de los ventisqueros	1	136
Dolerita (roca)	1	231
Dolomia (roca)	1	312
Domita (roca)	1	221
Dolomizacion	1	342
Drift (inglés)	2	208
Drift de los Estados Unidos	2	218
Drift de Norfolk	2	217
Drift del Támesis	2	218
Ductilidad (carácter)	1	179
Dufrenoysita (mineral)	1	312
Duna (v. Médano)	1	96
Dureza (carácter)	1	179
Dusodila	1	363

E	Tomos...	Páginas.
Ebullicion de la masa central	1	87
Ecuador	1	11
Edenbergita (mineral)	1	219
Eglogita (roca)	1	216
Eispath (mineral)	1	158
Eje del globo	1	10
Eje de las cordilleras	1	18
Electrum (mineral)	1	350

E	Tomos...	Páginas.
Elefantes de Siberia (su extincion)	2	216
Elefantino (período)	2	182
Encalar (operacion agrícola)	2	644
Encantilada (costa)	1	117
Encrinífero (mármol)	1	245
Endomorfismo	1	336
Ensenada	1	28
Entarquinada (tierra)	1	113
Entarquinar (operacion agrícola)	1	113
Entubacion	2	562
Eoceno (terreno)	2	270
Epigenesis	1	333
Epoca actual	2	179
Epoca geológica	1	45 119
Erosion	1	26
Erupcion (rocas de)	1	185
Erupcion volcánica	1	52
Errática (formacion)	2	195
Erráticos (cantos)	2	194
Escarpa	1	17
Escarpada (costa)	1	115
Escarpadura	1	17
Escarpe	1	17
Escollera	1	117
Escollo	1	117
Escombros de las montañas	1	127
Eslabon (uso del)	1	176
Esmaragdita (roca)	1	216
Espato fusible	1	158
Especie análoga	2	61
Especie geológica	1	183
Especie idéntica	2	61
Especie perdida	2	61
Esperas	1	119
Espigon (forma de montaña)	1	192
Espilita (roca)	1	208
Espuma de mar (roca)	1	289
Estadística vegetal	2	59
Estalacmita	1	127
Estalactita	1	127
Estanque	1	122
Estaño (mineral)	2	504
Esteatita (roca)	1	168
Esteatítica (formacion)	2	405
Estepa	1	22
Estéril (roca)	2	466
Estigmita (roca)	1	221
Estipita (roca)	1	359
Estratificacion	2	23
Estratificacion de la nieve	1	135
Estratigrafía	2	23
Estrato	2	23
Estratos esenciales	2	25
Estratos habituales	2	25
Estratos subordinados	2	25
Estrecho	1	15
Estribo de montaña	1	18
Estructura (carácter)	1	179
Estructura de la nieve	1	133
Estremado (clima)	1	40
Estuario	1	119
Eufótida (roca)	1	215
Eugeogena (roca)	2	87
Eurita (roca)	1	197
Everest (monte)	1	11
Exomorfismo	1	336
Expansion (rocas de)	1	185
Extinguido (fósil)	2	131

F		
Falun (roca)	1	259
Falun de la Turena (terreno)	2	251
Falúnico (terreno)	2	251
Falla (accidente)	2	35
Falsa estratificacion	2	94
Fanerogena (roca)	1	175
Farallon (forma de montaña)	1	192
Fáuna	2	107
Fáuna fósil	2	107
Fáuna geológica	2	107
Fáuna primordial	2	38
Fáuna segunda	2	384
Fáuna tercera	2	384
Feldespatizacion	1	342
Feldespato	1	157
Filada (roca)	1	297
Filones	2	472
Filon capa	2	471
Filon de contacto	2	469
Filon eruptivo	2	468
Filon metamórfico	2	469
Filtracion	1	107
Firn (palabra suiza)	1	133
Fitostática	2	59
Flégrea (region)	1	56
Flora	2	67
Flora carbonífera	A	38
Flora fósil	2	8
Flujo (del mar)	1	118
Foco (de los volcanes)	1	51
Fondo de coral (mejoramiento)	2	648
Fonolita (roca)	1	229
Fontane ardente (italiano)	1	65
Foraminíferos	2	126
Forest marble (piso)	2	312
Formacion (definicion)	2	6
Formacion aluvial	2	173
Formacion detrítica	2	173
Formacion diluvial	2	203
Formacion ígnea	2	9
Formacion madrepórica	2	173
Formacion plutónica	2	9
Formacion porfídica	2	416
Formacion tobácea	2	173
Formacion turbácea	2	175

F	Tomos...	Páginas.
Formacion traquítica..	2	421
Formacion volcánica	2	420
Fosforescencia	1	182
Fósil (definicion)	2	130
Fósil análogo	2	131
Fósil idéntico	2	130
Fósil perdido	2	131
Fosilíferos (cuadro de los terrenos)	2	14
Fosilizacion	2	134
Fosilizadora (sustancia)	2	139
Fosilizante (sustancia)	2	139
Frailesca (piedra)	2	397
Fragmentacion	1	182
Francas (tierras)	2	609
Frias (tierras)	2	607
Frita volcánica	1	231
Frote (carácter)	1	176
Ftanita (roca)	1	263
Fuente	1	31
	2	536
Fuente artificial	2	550
Fuente fria	1	32
Fuente intermitente	1	32
Fuente mineral	1	32
Fuente perenne	1	32
Fuente templada	1	32
Fuente termal	1	32
Fuerte (tierra)	2	609
Fuerza de trasporte	1	110
Fulguritos	1	146
Fuliginoso (aspecto)	1	59
Fuller's earth (horizonte)	2	314
Fumarollas	1	56

G	Tomos...	Páginas.
Gabbro (roca)	1	213
Galena	2	513
Galinacea (piedra)	1	231
Ganga	2	465
Garganta	1	20
Gault (piso geológico)	2	282
Geiser (volcan)	1	52
Geiserita (mineral)	1	59
		127
Géneros (de rocas)	1	185
Geo-cósmica (teoría)	1	83
		91
Geoda (accidente en las rocas)	1	163
Geo-dinámica (teoría)	1	73
Geogenia	2	670
Geognosia	2	2
Geogonia	2	670
Geonomia	1	3
Geografía astronómica	1	9
Geografía botánica	2	9
Geografía física	1	61
Geografía fisiológica	2	47
Geografía hidrográfica	1	26
Geografía orográfica	1	14
Geografía zoológica	2	105
Geología	1	1
Geología agrícola	2	61
Geología comparada	1	2
Geología elemental	1	1
Geología hidrográfica	2	531
Geología industrial	2	452
Geoponia	2	567
Geotegnia	2	451
Guijares	2	428
Guijarro	1	101
Glacial (clima)	1	40
Glacial (depósito)	2	182
Glaciar	1	132
Glauconia (roca)	1	261
		283
Glimmerschiefer (roca)	1	300
Gneis (roca)	1	292
Gneísica (formacion)	2	407
Golfo	1	28
Gonfolita (roca)	1	181
Grafito	1	381
Granate (mineral)	1	190
Grande (oolita)	2	312
Granitelo (roca)	1	199
Granítica (formacion)	2	412
Granítino (roca)	1	199
Granito (roca)	1	190
Granito anfibólico	1	199
Granito gneis	1	190
Granito gráfico	1	190
Granito pizarroso	1	292
Granito talcoso	1	201
Granito veteado	1	292
Granitoideo (pórfido)	1	205
Granitona (roca)	1	215
Granosa (estructura)	1	179
Grauwacka	1	281
Grauwackgebirge	2	369
Grava	1	101
Greda	1	276
Gredoso (aspecto)	1	277
Greenstone (piedra)	1	208
Grietas terrestres	1	25
Grietas capilares en la nieve	1	134
Grifeas (caliza de)	1	261
Grupo (parte de un terreno)	2	25
Grupo cretáceo	2	277
Grupo jurásico	2	295
Grupo de la Grauwacka	2	369
Grupo oolítico	2	295
Grupo portlándico	2	298
Grupo supracretáceo	2	237
Grupo weáldico	2	288
Gruta (v. caverna)	1	71
Guano	1	46
Gulf-stream	1	141

H	Tomos...	Páginas.
Harmatan (viento)	1	95
Harmofanita (roca)	1	190
Hedenbergita	1	170
Hematites (mineral)	2	507
Hemilísico (terreno)	2	334
Hemi-pélicas (tierras)	2	88
Hemi-sámicas (tierras)	2	88
Hemitrena (roca)	1	305
Hendidura	1	25
Hendidura en los ventisqueros	1	137
Heterogéneas (rocas)	1	175
Hialomicta (roca)	1	285
Hialomicta pizarrosa	1	300
Hidrografía	2	531
Hidrografía subterránea	1	101
Hidrográfica (cuenca)	1	33
Hidrometeoro	2	533
Hielo	1	131
Hielos flotantes	1	144
Hielos perpétuos	1	207
Hielos polares	1	144
Hielo terrestre de la Siberia	1	144
Hierro	1	155
Hierro de aluvion	2	222
Hierro de pantanos	2	222
Hierro limonita suizo	2	304
Hierro en perdigones	2	508
Hierro meteórico diluvial	2	221
Hierro oligisto	2	507
Higroscopicidad	2	90
Hilada	2	25
Hilo (de las rocas)	2	181
Hiperita (roca)	1	215
Hiperstena (roca)	1	261
Hipógenas (rocas)	1	189
Historia del globo (division)	2	7
Homogéneas (rocas)	1	175
Horizontal (ondulacion en los terremotos)	1	68
Horizontal (estrato)	2	23
Horizonte geognóstico	2	7
Horizonte paleontológico	2	131
Hormigon	1	233
Hornaguera (roca)	1	364
Hornblenda (roca)	1	172
Humatil (fósil)	2	133
Humedad	1	182
Humus	2	570

I	Tomos...	Páginas.
Ichnites	2	146
Ichnitologia (ciencia)	2	146
Idéntico (fosil)	2	130
Ignea (segunda série)	2	408
Igneas (clasificacion de rocas)	1	183
Impermeables (rocas)	2	543
Impresion (de fósil)	2	145
Impresion fisiológica	2	145
Impresion física	2	147
Incendio (de la ulla)	1	82
Inclinacion de los estratos	2	27
Inclinacion (en los filones)	2	475
Incrustacion	1	246
Incrustado	1	246
Industrial (Geologia)	2	452
Infusorios	2	127
Intermitencia (en la aparicion de los fósiles silurios)	2	389
Introduccion mecánica (en la fosilizacion)	2	140
Inundacion	1	111
Inyeccion	2	111
Irisadas (margas)	2	225
Irradiacion solar	1	34
Isla	1	13
Istmo	1	15
Itabirita (roca)	1	301
Itacolumita (roca)	1	287
Izeminico abísico de la ulla	2	343
Izeminico abísico del keuper	2	324

J	Tomos...	Páginas.
Jade (mineral)	1	162
Java (volcanismo de)	1	88
Jacintos de Compostela	1	163
Jangada (v. balsa ó almadia)	1	120
Jaspe (roca)	1	165
Juntura (plano de)	2	24
Jurásico (terreno)	2	295
Jurakalk (aleman)	2	295

K	Tomos...	Páginas.
Kaolin	1	268
Karstenita	1	316
Karabé	1	350
Kelloway rok (piso)	2	308
Kersanton (roca)	1	205
Keuper	2	325
Keuprico (terreno)	2	324
Killas (roca)	1	297
Kimeridgico (terreno)	2	303
Kimmeridge-clay (arcilla de)	2	303
Klingstein (roca)	1	229
Kunker (caliza cuaternaria del Indostan)	2	186
Kupferschiefer (piso)	2	340

L	Tomos...	Páginas.
Labradofido (roca)	1	208
Labrador (feldespato)	1	161

L	Tomos.	Páginas.
Labradorita (roca)	1	161
Lacustres (animales)	1	56
Lacustre (roca y formacion)	2	240
Ladera	1	24
Lagos	1	13
Lago accidental	1	21
Lagonis (italiano)	1	65
Lágrimas (volcánicas)	1	63
Laguena (roca)	1	276
Laguna	1	122
Laja (roca)	1	276
Laminar (estructura)	1	181
Lancha	1	17
Lanchal	1	17
Landa (definicion)	1	22
Landas (formacion de las)	2	449
Lápilli (italiano, roca)	1	255
Lapis comensis (piedra de Como)	1	215
Lapiz plomo	1	381
Latitud	1	11
Lava	1	51
Lava anfigénica	1	238
Lava pumítica	1	221
Lava tefrina	1	231
Lávica (formacion)	2	425
Lecho (voz estratigráfica)	2	23
Légamo (roca)	1	278
Légamo antediluvial	2	245
Légamo pampero	2	207
Lehm (cieno diluvial)	2	205
Leptinita (roca)	1	190
Leptinita pizarrosa	1	300
Leucitofido (roca)	1	238
Leucostina (roca)	1	229
Leucostita (roca)	1	220
Levantamiento (teoría del)	2	148
Ley de enfriamiento	1	5
Ley de la distribucion del calor en el globo	1	45
Leyes paleontológicas	2	158
Lhercolita (roca)	1	219
Lherzolita (roca)	1	219
Lias (terreno)	2	316
Liásico (terreno)	2	316
Liásico español	2	321
Lidí (italiano)	1	123
Lignito (roca)	1	359
Lignito fibroso	1	360
Lignito piciforme	1	360
Lignitos térreos	1	360
Límite de las nieves perpétuas	1	27
Limo (roca)	1	111
Limonita (roca)	2	508
Línea anticlinal	2	29
Línea de levantamiento	1	18
Línea isoquimena	1	139
Línea isotera	1	139
Línea isoterma	1	139
Línea sinclinal	2	29
Litofagos (moluscos)	1	79

L	Tomos.	Páginas.
Lingulas (pizarras de)	2	379
Læss (cieno diluvial)	2	189
Loma tendida	1	192
Longitud	1	11
Longmynd (grupo de)	2	379
Los altos (montaña)	1	192
Ludlow rock (capas de)	2	374
Lumaquela (roca)	1	248
Llanura	1	20
Llandeylo (capas de)	2	373
Llandovery (grupo de)	2	373
Lluvia (teoría de la)	1	104
Lluvia fósil	2	354

M

Macalubas (volcanes)	1	52
Maciño (roca)	1	285
Maclina (roca)	1	297
Madera bituminosa	1	359
Madera fósil	1	359
Madréporas (zoófito de los arrecifes)	1	147
Maerl ó merl (mejoramiento y abono)	2	648
Magnesio (elemento)	2	491
Magnesia (mineral y mejoramiento)	2	586
Magnesian limestone (roca)	1	317
Magnesian limestone (horizonte geognóstico)	2	338
Magnesita (roca)	1	289
Magnetismo terrestre (su accion)	1	145
Malacolita (roca)	1	171
Malaquita (roca)	2	512
Malecon de un rio	1	32
Malpais (nombre de montaña)	1	192
Manantial	2	537
Mandelstein (roca)	1	207
Manganeso	2	527
Mantillo	2	570
Mapas geológicos y agronómicos	2	440
Mapas petrográficos	2	446
Marchs (holandés)	1	123
Mar	1	13
Mar grande (Océano)	1	28
Mar interior (Mediterráneo)	1	28
Mareas (su accion)	1	118 45
Marga (roca)	1	244 267 276
Marga (mejoramiento)	2	636
Margar	2	643
Margas irisadas (horizonte geognóstico)	2	225
Mármol	1	247
Mármoles blancos	1	249

M	Tomos...	Páginas.
Mármol brecha	1	249
Mármol estatuario	1	305
Mármol lumaquela	1	248
Mármol negro carbonífero	1	248
Mármol pudinga	1	249
Mármol rojo antiguo	1	252
Mármol ruiniforme	1	252
Mármol sacaroideo	1	305
Masa	1	280
Maseña (roca)	1	221
Meandrinas	1	147
Médanos	1	22 96
Mediterráneo	1	28
Mejoramientos	2	619
Melafido (roca)	1	208
Mena	2	457
Mena agotada	2	466
Mena cultivada	2	466
Menilita (roca)	1	165 263
Mercurio	2	518
Meridiano	1	12
Mesa (accidente orográfico)	1	192
Mesas en los ventisqueros de los Alpes	1	138
Meseta	1	16 22
Mesozóico (terreno)	2	275
Metamórfica (roca)	1	290
Metamorfismo	1	333
Metamorfismo everso	1	336
Metamorfismo general	1	335
Metamorfismo inverso	1	336
Metamorfismo local	1	335
Metamorfismo normal	1	335
Metaxita (roca)	1	285
Meteoros acuosos	2	531
Mica	1	166
Micácea (formacion)	2	406
Micacita (roca)	1	300
Micaslata (roca)	1	300
Miemita (roca)	1	312
Millston-grit (horizonte)	2	243
Mimosita (roca)	1	231
Minerales (especies)	1	156
Mineral (fuente)	2	538
Mineral (vena)	2	470
Mineralizacion de las aguas	2	540
Mineralogía	1	3
Mineralógico (carácter)	2	9
Minería (cuadro de la de España)	2	496
Mineta (roca)	1	205
Mioceno (terreno)	2	251
Mioceno español	2	255
Mistas (formaciones)	2	240
Mistas (rocas)	2	175
Modelo (de fósil)	2	145
Mofeta	1	59
Mogote (forma de montaña)	1	192

M	Tomos...	Páginas.
Mola (nombre local de meseta)	1	17
Molasa (roca)	1	283
Molasa suiza (piso)	2	253
Moleña (roca)	1	263
Molde (de fósil)	2	143
Molde exterior de fósil	2	145
Molde interior de fósil	2	145
Montaña	1	16
Montañas primitivas	1	51
Montañas (sistemas de)	1	21
Montañas terciarias de Arduino	2	237
Montaña volcánica	1	17
Montañuela	1	192
Monte	1	16
Monzon (viento)	1	85
Moya (material volcánico)	1	57
Muschelkalk (roca)	1	260
Muschelkalk (piso)	2	326
Muela (nombre local de meseta)	1	17
Murchisónico (piso)	2	369

N		
Nafta	1	332
Nagelfluhe (roca)	1	281
Navazos (término local)	2	594
Nefelinita (roca)	1	231
Negrizal (tierra)	1 2	231 429
Neocomio (terreno)	2	287
Neptúnica (teoría)	2	690
Neptúnicas (rocas, clasificacion)	1	185
Neptúnicas normales (descripcion)	1	243
Neptuno-pirogenas (rocas)	1	185
Nerineas (caliza de, piso)	2	308
Neuropteris (planta carbonífera)	2	382
Neveras actuales	1	132
Neveras cuaternarias	2	236
Nieves perpétuas	1	26
Nieves polares	1	144
Nieves temporales	1	27
Nódulos (su formacion)	1	343
Nomenclatura geognóstica	1	188
Northwich crag (piso)	2	248
Novaculita (roca)	1	297
Nudo (en las cordilleras)	1	382
Núcleo terrestre	1	83
Nummulites (fósil)	2	260
Nummulítico (piso)	2	260
Nummulítico español	2	271

O		
Oasis	1	22
Obsidiana (roca)	1	22

O	Tomos.	Páginas.
Océano	1	27
Ocre (roca)	1	267
Oesar (horizonte diluvial)	2	199
Oficalcia (roca)	1	305
Ofiolita (roca)	1	213
Ofiolítico (terreno)	2	417
Ofita (roca)	1	208
Ola (del mar)	1	117
Old-red-sandstone (piso)	2	360
Oleage (accion del)	1	115
Oligisto (hierro)	2	307
Oligoclasa (mineral)	1	160
Oligofido (roca)	1	212
Oligopélica (roca)	2	88
Oligosámica (roca)	2	88
Olivino (mineral)	1	168
Olor (carácter de las rocas)	1	182
Onda sonora en los terremotos	1	71
Ondulacion (accidente de los bancos)	2	39
Ondulaciones (impresiones físicas)	2	147
Onix (mineral)	1	164
Oolita (roca)	1	245
Oolitas (su formacion)	1	246
Oolita ferruginosa	1	314
Oolita grande (piso)	2	312
Oolita inferior (piso)	2	312
Oolita media (piso)	2	307
Oolita superior (piso)	2	298
Oolítico (terreno)	2	295
Opalo (mineral)	1	165
Orgánicas (impresiones)	2	146
Orgánicas (rocas)	1	185
Oro	1	522
Orografía (su influencia en la vegetacion)	2	93
Orográfica (geografía)	1	14
Oropimente (mineral)	2	526
Ortoclasa (mineral)	1	160
Ortosa (feldespato)	1	158
Oscilacion de los continentes	1	78
Oxford-clay (arcilla de, piso)	2	308
Oxfórdico (terreno)	2	308
Oxígeno	1	26

P	Tomos.	Páginas.
Pacos (mineral)	2	520
Pacífico (arrecifes de coral del)	2	174
Pagodita (mineral)	1	168
Palagonita (roca)	A	13
Paleontología	2	105
Paleontológico (carácter)	2	11
	2	148
Paleo-samerítica (formacion)	2	360
Paleozóicos (terrenos)	2	133
Paludes (italiano)	2	334
Pampas (formacion de las)	2	207
Panecillo (forma de montaña)	1	192
Pantano	1	31
Pantanos glaciales	1	145
Páramo	2	449
Pargasita (mineral)	1	171
Parisiense (terreno)	2	265
Paroxismo terrestre	1	88
Paso (de fósil)	2	146
Pechstein (roca)	1	205
Pecílico (terreno)	2	324
Pecopteris (planta carbonífera)	1	382
Pegmatita (roca)	1	285
Pelágicos (moluscos)	2	118
Pélicos (detritus)	2	87
Pelogenas (rocas)	2	88
Pelo samogenas	2	87
Pendiente (en los filones)	2	473
Pendiente (del terreno)	1	32
Péneo (terreno)	2	334
Penetracion molecular (fosilizacion)	2	140
Penilago	1	31
Península	1	15
Peña	1	193
Peñasco	1	192
Peñoleria (forma de montaña)	1	192
Peñon	1	192
Peperino (roca)	1	236
Peperita (roca)	1	236
Pepitas de oro	2	220
Pepitas de Platino	2	221
Percusion (carácter)	1	116
Perdido (fósil)	2	131
Periclina (mineral)	1	159
Peridoto (mineral)	1	231
Peridotita (roca)	1	231
Perígeo	1	118
Período (época)	2	8
Período errático	2	193
Período de Júpiter	2	172
Período moderno	2	172
Período post-plioceno	2	172
Período post-terciario	2	172
Período primario	2	334
Período secundario	2	275
Período terciario	2	237
Perlita (roca)	1	229
Perlstein (roca)	1	229
Permeabilidad (propiedad)	2	90
Permeables (rocas y terrenos)	2	543
Pérmico (terreno)	2	334
Per-pélica (roca)	2	88
Per-sámica (roca)	2	88
Peso especifico de la tierra	1	12
Peso especifico de las rocas	1	129
Petalita (roca)	1	161
Petrificacion	2	133
Petrificado (fósil)	2	133
Petróleo (mineral)	1	352

P	Tomos...	Páginas.
Petrosilex (roca)	1	195
Petunczé (roca)	1	190
Pez mineral	1	352
Picacho	1	192
Pico	1	192
Piedra de afilar	1	298
Piedra de las Amazonas	1	158
Piedra de chispa	1	263
Piedra córnea	1	217
Piedra de lidia	1	329
Piedra de luna	1	158
Piedra de toque	1	329
Piedra litográfica	1	247
Piedra loca	1	289
Piedra molar	1	165
Piedra ollar	1	213
Piedra pomez	1	228
Piedras preciosas (criadero)	2	221
Piedra verde	1	209
Piperno (roca)	1	222
Pirámide en los ventisqueros	1	138
Pirámide (forma de montaña)	1	17
Piroideos (terrenos)	2	420
Pirolusita (mineral)	2	527
Piromaco silex	1	164
Piro-neptúnicas (rocas)	1	185
Piroxénico (piso)	2	418
Piroxenita (roca)	1	219
Piroxéno (mineral)	1	170
Piroxéno augita	1	170
Piroxéno diopsido	1	171
Pisasfalto (roca)	1	351
Piso	2	25
Pisolita (roca)	1	245
Pisolítica (estructura)	1	180
Pizarra (roca)	1	295
Pizarra aluminosa	1	297
Pizarra anfibólica	1	298
Pizarra arcillosa	1	298
Pizarra bituminosa	1	298
Pizarra caliza	1	298
Pizarra carbonosa	1	298
Pizarra carburada	1	298
Pizarra clorítica	1	303
Pizarra coticular	1	298
Pizarras cristalinas (piso)	2	401
Pizarra de tejar	1	297
Pizarra esteatítica	1	302
Pizarra fosilífera	1	298
Pizarra gráfica	1	298
Pizarra maclífera	1	292
Pizarra micácea	1	300
Pizarra poligénica	1	298
Pizarra porfiroidea	1	298
Pizarra talcosa	1	302
Pizarrosa (estructura)	1	179
Pizarroso (terreno, segun Omalius)	2	369 281
Planerkalk (piso)	2	24
Planos de crucero	2	24

P	Tomos...	Páginas.
Planos de estratificacion	2	24
Planos de juntura	2	24
Plantas aborigenas	2	68
Plantas acuáticas	2	66
Plantas de la Turba	2	356
Plantas fósiles de la primera vegetacion	A	41
Plantas (sus relaciones con las rocas y terrenos en que se encuentran)	2	100
Plasma (mineral)	1	164
Plástica (arcilla)	1	273
Plata	2	520
Platino	2	525
Playas levantadas	2	201
Pleamar	2	118
Pleistoceno (piso)	1	181
Plioceno (terreno)	2	245
Plioceno español	2	250
Plioceno de Roma	2	247
Plioceno de Sicilia	2	246
Plombagina (roca)	2	381
Plomo	1	513
Plutónicas (rocas)	2	189
Plutónico (terreno)	2	412
Plutonismo	1	51
Pluviómetro	2	552
Poikilítico (piso)	2	324
Polder	1	121
Poligénica (variedad, roca)	1	327
Pólipos (animales)	1	147
Políperos (su importancia)	1	146
Porcelanita (roca)	1	330
Porfídica (formacion)	2	416
Porfídicas (rocas)	1	203
Porfídico (grupo)	2	417
Porfídico-magnésicas (rocas)	1	212
Pórfido (roca)	1	203
Pórfido augítico	1	208
Pórfido azul	1	212
Pórfido leucítico	1	238
Pórfido negro	1	208
Pórfido obsidiánico	1	227
Pórfido resinita	1	205
Pórfido rojo antiguo	1	205
Pórfido traquítico	1	221
Pórfido verde antiguo	1	258
Pororoca (voz americana)	1	119
Portlándica (formacion)	2	303
Portlandstone (piedra de)	2	303
Post-plioceno	2	181
Post-terciario	2	181
Potasio (mineral)	1	155
Pot-stone (accidente)	2	281
Pozos absorbentes	2	554
Pozos artesianos	2	553
Pozos inversos	2	554
Pozos naturales	1	25
Prasofido (roca)	1	208
Precipitacion química (rocas de)	1	185

P	Tomos...	Páginas.
Precursoras (especies)	2	387
Preferentes (plantas)	2	95
Primarios (fósiles)	A	42
Primitiva (caliza)	1	305
Primitivos (terrenos)	2	404
Proféticas (especies, su importancia)	2	387
Promontorio	1	15
Protogina (roca)	1	201
Psamerítico (terreno)	2	338
Psámicos (detritus)	2	87
Psamogenas (rocas)	2	287
Psamita (roca)	1	281
Psefita (roca)	1	297
Pudinga (estructura)	1	181
Pumita (roca)	1	228
Purbeck (grupo de)	2	298
Puzolana (roca)	1	237

Q		
Quadersandstein (piso)	2	282

R		
Rada	1	28
Raft	1	372
Rajas	1	25
Ramales	1	18
Rápidos	1	114
Reciente (terreno)	2	172
Reconstruccion de las calizas	1	98
Red conglomerat (piso)	2	338
Refractarias (arcillas)	1	275
Regiones botánicas	2	68
Regiones volcánicas	1	73
Regiones volcánicas españolas	2	431
Regur (cieno diluvial)	2	207
Rejalgar (mineral)	1	64
Replegamiento (de las capas)	2	39
Reptiles carboníferos	2	355
Resaca (movimiento del mar)	1	118
Resbalamiento de los estratos	2	35
Resinas fósiles	1	345
Resinita (roca)	1	165
Resinita (pórfido)	1	206
Resinoso (aspecto)	1	165
Retinita (roca)	1	229
Retraccion de la materia	1	83
Reventazon (nombre de montaña)	1	492
Riachuelo	1	27
Riacolita (mineral)	1	159
Riberas (del rio)	1	32
Riego del globo	1	106
Rinico (terreno)	2	369

R	Tomos...	Páginas.
Rhin (Lœss del)	2	205
Riñones (aspecto)	1	263
Rio	1	27
Risco	1	192
Roca	1	156
	2	6
Rocas básicas	1	293
Rocas combustibles	1	344
Rocas cristalinas (descripcion)	1	189
Rocas de origen animal	1	243
Rocas medias	1	203
Rocas metamórficas	1	290
Rocas neptúnicas	1	243
Rosas normales	1	243
Rocas orgánicas	1	344
Roca partida (nombre de montaña)	1	192
Roca subyacente	2	86
Rocas volcánicas	1	221
Rojo de Marte (mineral)	1	278
Rompiente (de las olas)	1	117
Rothe todliegende (piso)	2	338
Rubial (tierra)	2	428
Rumbo (de los estratos)	2	26
Rútilo (mineral)	1	110

S		
Sábana	1	31
	2	449
Sacaroidea (estructura)	1	305
Sal amoniaco	1	64
Salbanda (mineria)	2	474
Sal comun	1	322
Salífero (terreno)	2	324
Salina	2	272
Salses	1	58
Salto (de estratos)	2	35
Salto de un rio	1	33
Sandstein (nombre aleman de arenisca)	1	281
Sandstone (nombre inglés de arenisca)	1	281
Saneamiento de las tierras	2	619
Sanguina (roca)	1	278
Sanidina (roca)	1	159
Sardonix (mineral)	1	164
Saurios (primera aparicion)	2	158
Saussurita (roca)	1	162
Saxicolas (plantas)	2	97
Scaglia (nombre italiano de creta)	1	281
Schillerspath (roca)	1	169
Secundarios (terrenos)	2	275
Seccion azóica	2	336
Seccion fosilífera	2	324
Sedimentacion	1	124
Sedimento (terreno de)	2	23
Sedimento mecánico	1	185

S	Tomos...	Páginas.
Sedimento químico (rocas de)	1	305
Segunda formacion arenácea terciaria de Boué	2	237
Segunda formacion caliza terciaria de Boué	2	237
Seismica (ciencia)	1	91
Selenita (roca)	1	316
Serena	2	449
Serpentina (roca)	1	213
Serpentínico (sistema)	2	417
Serrania	1	192
Siderosa (mineral)	2	509
Sienita (roca)	1	199
Sierra	1	192
Sifon (explicacion de las fuentes intermitentes por medio del)	2	537
Sigillaria (planta carbonífera)	1	353
Signos admitidos en los mapas geológicos	2	442
Silex (roca)	1	263
Silex molar (roca)	1	263
Silex néctico	1	263
Silex resinita	1	263
Silex termógeno	1	263
Sílice (mineral)	1	58
Siliceas (rocas)	1	198
Silicificacion	1	242
Silíceo (cuerpo simple)	1	162
Silúricas (rocas)	2	376
Silurio (terreno)	2	369
Silurio de Bohemia	2	378
Silurio de Escocia	2	377
Silurio de España	2	402
Silurios (fósiles)	A	42
Sima	1	25
	2	546
Simples (rocas)	1	175
Sinclinal (linea)	2	29
Sincrónica (formacion)	2	6
Sismómetro	1	69
Sistemas de montañas	1	16
Smithsonita (roca)	2	517
Sobreposicion (de estratos)	2	25
Separacion de los materiales de acarreo	1	110
Sodio (cuerpo simple)	1	155
Sofioni (italiano)	1	64
Solfara (v. Zolfara)	1	
Solfatara (v. Zolfatara)	1	52
Sonda	2	553
Sonido (carácter)	1	182
Soplado (accidente)	2	35
Soplete	1	177
Sosa (mineral)	1	159
Steinkohlegebirge (horizonte)	1	343
Stokwerks	2	476
Stonesfield (mamíferos fósiles de)	2	313
Suave (clima)	1	40
Subapenino (terreno)	2	245

S	Tomos...	Páginas.
Subfósil	1	133
Subordinados (estratos)	2	25
Subordinadas (rocas)	2	294
Subsuelo	2	86
Subyacente (roca)	2	568
Succino (mineral)	1	350
Suelo (tierra vegetal)	2	568
Suelo activo	2	568
Suelos arcillosos	2	607
Suelos calizos	2	615
Suelo congelado de Siberia	2	215
Suelos humíferos	2	617
Suelos inertes	2	568
Suelos magnésicos	2	616
Suelo secundario de Boué	2	343
Sueltas (rocas)	1	179
Superior order de Conyb	2	232
Supercial (suelo)	2	568
Superficie terrestre (aspecto de la)	1	13
Supracretáceo (grupo)	2	237
Surturbrandur	1	359
Suspension (materiales llevados en)	1	110
Sustitucion	1	141

T		
Tablon (forma de montaña)	1	192
Tabular (estructura)	1	181
Talcita (roca)	1	302
Talco (mineral)	1	167
Talcoso (terreno)	2	404
Talksch efer (roca)	1	302
Talud	1	17
Tanga (mejoramiento)	2	648
Tarquin	1	111
Temperatura de la atmósfera	1	34
Temperatura de las aguas	1	42
Temperatura de la tierra	1	45
Templadó (clima)	1	40
Tenacidad (carácter)	1	179
Teoría dinámica	1	83
Teoría geo-cósmica	1	91
Teoría geo-química	1	90
Teoría de la formacion de los filones	2	479
Teoría del metamorfismo	1	333
Tefrina (roca)	1	240
Tercera caliza secundaria (terreno)	2	295
Termántida (roca)	1	330
Termantilidad de las aguas	1	42
Terraplenes diluviales	2	201
Terremoto	1	65
Terrenos (definicion)	2	6
Terreno agalísico	2	412
Terreno azóico	2	404
Terreno cámbrico	2	376

T	Tomos...	Páginas.
Terreno carbonífero	2	343
Terreno clísmico	2	181
Terreno cretáceo	2	277
Terreno cretoso	2	277
Terreno cristalino	2	412
Terreno cristalofílico	2	404
Terreno de acarreo	2	172
Terreno de aluvion	2	172
Terreno de cristalizacion	2	8
Terreno de enfriamiento	2	8
Terreno de erupcion	2	8
Terreno de la Molasa	2	251
Terreno de sedimento	2	8
Terreno de trasporte antiguo	2	182
Terreno de terraplenes	2	181
Terreno del Falun	2	251
Terreno del Flisch	2	260
Terreno devonio	2	360
Terreno diluvial	2	182
Terreno eoceno	2	260
Terreno fosilífero	2	8
Terreno independiente	2	7
Terreno jurásico	2	295
Terreno liásico	2	316
Terreno moderno	2	172
Terreno nummulítico	2	260
Terreno paralelo	2	7
Terreno pelágico cretáceo	2	277
Terreno pérmico	2	338
Terreno piroideo	2	420
Terreno pleistoceno	2	181
Terreno plioceno	2	245
Terreno plutónico	2	412
Terreno post-plioceno	2	175
Terreno reciente	2	172
Terreno silurio	2	369
Terreno subapenino	2	245
Terreno terciario	2	237
Terreno terciario español	2	241
Terreno terciario inferior	2	260
Terreno terciario medio	2	251
Terreno terciario superior	2	245
Terreno volcánico	2	420
Terrera	1	115
Terrero	1	115
Testáceo (aspecto)	2	526
Tetartina (mineral)	1	159
Textura amigdaloidea	1	180
Textura arcillosa	1	180
Textura arenácea	1	180
Textura complexa	1	180
Textura entrecruzada	1	180
Textura fragmentosa	1	181
Textura glandular	1	180
Textura globular	1	180
Textura granuda	1	179
Textura granulosa	1	179
Textura oolítica	1	180
Textura pisolítica	1	180
Textura porfídica	1	180

T	Tomos...	Páginas.
Textura porfiroidea	1	180
Textura reticular	1	180
Textura uniforme	1	178
Textura variolada	1	180
Textura vítrea	1	180
Thalweg	1	24
Thonschiefer (nombre aleman)	1	297
Tierra, orígen é historia	1	XIII
Tierra arcillosa	2	607
Tierra arcilloso-ferruginosa	2	608
Tierra arenosa	2	609
Tierra arenoso arcillosa	2	610
Tierra arenoso cuarzosa	2	611
Tierra arenoso granítica	2	611
Tierra arenoso humífera	2	613
Tierra arenoso volcánica	2	612
Tierra cretosa	2	616
Tierra de alfarero (v. arcilla plástica)	1	272
Tierra de barros	2	609
Tierra de batanero	1	272
Tierra cálida	2	609
Tierra de campos	2	448
Tierra de Colonia	1	360
Tierra de Italia	1	278
Tierra de pipas	1	290
Tierra de pizarra arcillosa	2	615
Tierra de porcelana	1	268
Tierra de Siena	1	278
Tierra de sombra	1	360
Tierra de tejar	1	273
Tierra de trasporte	2	569
Tierra ferruginosa	2	608
Tierras flojas	2	591
Tierras frias	2	601
Tierra frumental	2	236
Tierras francas	2	609
Tierras fuertes	2	609
Tierras humíferas	2	618
Tierra local	2	569
Tierras margosas	2	617
Tierra magnésica	2	617
Tierra negrizal	2	275
Tierra rubial	1	297
Tierras sanas	2	597
Tierras secas	2	617
Tierra tobácea	2	236
Tierra triguera	1	618
Tierra turbosa	2	567
Tierra vegetal (descripcion)	2	176
Tierra vírgen (formacion)	2	36
Tifon	2	197
Till (horizonte geognóstico)	2	156
Tipo geognóstico (v. roca)	1	208
Toadstone (roca)	1	231
Toba basáltica	1	245
Toba caliza	1	180
Toba lacustre	2	180
Toba marina	2	180
Toba terrestre	2	180

T	Tomos...	Páginas.
Topfstein (roca)	1	215
Torca	1	25
Torcal	1	25
Torrente	1	24
Tórrido (clima)	1	40
Tosca (piedra)	2	208
Transicion (terrenos de)	2	334
Tránsitos (de las rocas)	1	176
Trapp (v. Basalto)	1	231
Traquita (roca)	1	221
Traquítica (formacion)	2	421
Trasformacion de las neveras en ventisqueros	1	136
Trasgresiva (estratificacion)	2	33
Traslacion de las Fáunas	2	168
Traslucidez (carácter)	1	181
Trasporte (rocas de)	1	185
Trass (roca)	1	221
Trassoita (roca)	1	221
Traumata (roca)	1	281
Travertino (roca)	1	245
Travertino (formacion)	2	232
Traza (de fósil)	2	146
Trez (mejoramiento)	2	648
Trias (terreno)	2	324
Triásico (terreno)	2	324
Triásico español	2	325
Trilobites (fósiles)	2	372
Trilobítica (época)	2	12
Tripoli (roca)	1	263
Tschornoizen (horizonte)	2	207
Tuffeau (v. creta verde)	2	284
Tungsteno (mineral)	2	504
Turba (combustible)	1	353
Turmalina (mineral)	1	190

U		
Ulla (roca)	1	364
Ulla brillante	1	366
Ulla grasa	1	366
Ulla grasa dura	1	366
Ulla grasa de forja	1	366
Ulla grasa de llama larga	1	366
Ulla lustrosa	1	366
Ulla media	1	366
Ulla seca	1	366
Ulla (terreno)	2	343
Ulmico (ácido)	2	589
Ulmina	2	589

V		
Valle (definicion)	1	24
Vallecito	1	24
Valle circular	1	25
Valle de denudacion	1	25
Valle de elevacion	1	25
Valle de erosion	1	25
Valle irregular	1	25
Valle longitudinal	1	24
Valle principal	1	24
Valle trasversal	1	24
Valle uniforme	1	25
Variable (clima)	1	40
Variedades de rocas	1	190
Variolada (textura)	1	180
Variolita (roca)	1	208
Vegetacion	2	167
Velocidad del aire (cuadro de la)	1	95
Venas (accidentes de las rocas)	2	470
Venillas (accidentes de las rocas)	2	470
Velas (accidentes de las rocas)	2	470
Ventisquero	1	132
Ventisquero compuesto	1	137
Ventisquero de primero y segundo órden	1	137
Ventisquero principal	1	137
Ventisquero simple	1	137
Venturina (mineral)	1	163
Verde antiguo (v. oficalcia)	1	306
Verde de Córcega (roca)	2	215
Vertical (estrato)	1	23
Vertical (ondulacion en los terremotos)	1	68
Vertiginoso (movimiento)	1	68
Vertientes de las cordilleras	1	19
Verrucano (roca)	2	288
Vestigio (de fósil)	1	146
Viento (definicion y clasificacion)	1	93
Viento constante	1	93
Viento fuerte	1	93
Viento huracan	1	93
Viento irregular	1	93
Viento ordinario	1	93
Viento periódico	1	93
Viento tempestuoso	1	93
Vitrea (textura)	1	180
Volcan (definicion)	1	51
Volcanes activos	1	52
Volcanes agrupados	1	52
Volcanes alineados	1	52
Volcanes apagados	1	52
Volcanes basálticos	1	52
Volcanes continentales	1	52
Volcanes fangosos	1	52
Volcanes insulares	1	52
Volcanes irregulares	1	52
Volcanes lávicos	1	52
Volcanes mistos	1	52
Volcanes periódicos	1	52
Volcanes submarinos	1	52
Volcanes terrestres	1	52
Volcanes traquíticos	1	52
Volcánicas (rocas)	1	221

V	Tomos...	Páginas.
Volcánico (terreno, descripcion).	2	420
Volcánico (terreno español)...	2	426
Volcanismo (descripcion).....	1	51
Volcanismo (causas del).....	1	82
Vosgos (parte del terreno de los).	2	338
Vulpinita (roca).....	1	316
W		
Wacka (v. Basalto).....	1	234
Weáldico (terreno).....	2	288
Wenlock (formacion de).....	2	373
Y		
Yacente.....	2	423
Yacimiento (de rocas calizas)..	1	260
Yesificacion (metamorfismo)...	1	342
Yeso.....	1	316
Yesones (abono).....	2	646
Yeso cemento.....	1	257
Z		
Zafirina (variedad de cuarzo)..	1	164
Zafra.....	2	466
Zechstein (roca).....	1	260
Zechstein (terreno).....	2	340
Zinc (metal).....	2	516
Zolfara (mina de azufre).....	1	
Zolfatara.....	1	52
Zonas terrestres.....	1	12
Zoofitos (distribucion de los)..	2	123
Zoofitos saxógenos.....	1	147

NOTA

DE LAS OBRAS QUE PUEDEN CONSULTAR Ó ADQUIRIR LAS PERSONAS QUE SE DEDIQUEN AL CULTIVO ESPECIAL DE LA CIENCIA GEOLÓGICA.

—

Tratados elementales.

Lyell.—Manuel de Géologie élémentaire.—Quinta y última edicion.—Dos tomos en 8.°—Paris, 1857.

Lyell.—Principes de Géologie.—Sexta edicion.—Cuatro tomos.

Omalius d'Halloy.—Abregé de Géologie.—Un tomo.—Paris, 1853.

Delabeche.—Manuel géologique.—Un tomo en 8.°—Paris.

Delabeche.—Art d'observer en Géologie.—Un tomo.—Paris.

Delabeche.—Recherches sur la partie théorique de la Géologie.—Un tomo en 8.°—Paris.

Leonhard.—Taschenbuch für freunde der Géologie.—Un tomo en 8.° con láminas.—Stuttgart.

Tratados de aplicacion.

Burat.—Géologie appliquée.—Tercera edicion.—Un tomo en 8.°

Burat.—Traité théorique et pratique des combustibles mineraux.—Un tomo en 8.° con grabados.

Boubée.—Cours de Géologie agricole.—Un tomo en 8.°

D'Orbigny y Gente.—Géologie appliquée aux arts et á l'agriculture.—Un tomo en 8.°

Paramelle.—Art de decouvrir les sources.—Un tomo.

Degousée.—Guide du Sondeur.—Un tomo y atlas.

Tratados especiales.

Charpentier.—Essai sur les glaciers et sur le terrain érratique du bassin du Rhône.—Un tomo en 8.°

Agassiz.—Etudes y nouvelles études sur les glaciers.—Dos tomos en 8.° mayor con preciosos atlas.

Lecoq.—Des glaciers et des climats.—Un tomo en 8.°

Humboldt.—Essai géognostique sur le gisement des roches dans le deux hémispheres.—Un tomo en 8.°

Coquand.—Traité des roches.—Un tomo en 8.°—La mejor obra que se ha publicado en su género.

Delesse.—Études sur le metamorphisme.—Un tomo en 8.°

Daubrée.—Etudes et experiences sur le metamorphisme.—Memoria premiada por la Academia de Ciencias de Paris en 1860.

Boué.—Guide du géologue voyageur.—Dos tomos en 8.° menor.

E. de Beaumont.—Géologie prattique.—Un tomo en 8.°

Historia de la ciencia.

Archiac.—Histoire du progres de la Géologie.—Esta obra, verdadero monumento que el siglo XIX levanta á la ciencia, se publica bajo los auspicios de la Sociedad geológica de Francia, y consta hasta el dia de nueve tomos.

Tratados de paleontología.

Pictet.—Traité de paléontologie.—Segunda edicion.—Cuatro tomos y un atlas de 110 láminas perfectamente litografiadas.

D'Orbigny.—Traité de Paléontologie stratigraphique.—Dos tomos divididos en tres partes, y atlas de cuadros sinópticos muy curiosos.

Marcel de Serres.—Nouveau manuel complet de Paléontologie.—Dos tomos en 12.°, y atlas de cuadros sinópticos.

Bronn y Rœmer.—Lethæa geognostica.—Tres tomos y atlas de 124 láminas de fósiles.—Stuttgart, 1851 á 56.

De manera, que con escasos dispendios puede reunir cualquier aficionado ó amante de la ciencia un núcleo de biblioteca geológica, á beneficio de la cual, y asociando el estudio práctico, así en las colecciones públicas ó particulares como en el gran libro de la naturaleza, con el teórico, debe prometerse llegar á conocer la Geología y disfrutar de todos los puros goces que proporciona el cultivo de tan importante ramo de las ciencias naturales.

FE DE ERRATAS.

Tomo.	Página.	Línea.	Dice.	Debe decir.
I.	66	19	reasumidas	resumidas
I.	83	1	sodio y potasio	sosa y potasa
I.	91	7	con	por
I.	99	32	bases de	bases
I.	131	21	Geyserda	Geiserita
I.	164	19	*a*	*b*
I.	192	40	monteluaña	montañuela
I.	212	31	reasumir	resumir
			y todas las que se encuentren en el resto de la obra, pues el sentido de estos dos verbos es muy distinto, por mas que sea frecuente confundir su significado.	
I.	266	Paginacion.	266	366
I.	370	6	Bural	Burat
II.	42	22	Figura 94.	Figura 95.
II.	43		la explicacion colocada debajo de la figura 96 corresponde á la 95.	
II.	125	31	Fitzoos	Fitozoos
II.	183	Explicacion de la figura 140.	B C	D B
II.	184	Explicacion de la figura 106.	la primera formacion diluvial	errática
II.	325	Paginacion.	225	325
II.	225	13	antidiluvianas	antediluviales
II.	333	Ladillo.	fósiles	útiles
II.	404	2	4.° periodo	6.° periodo
II.	449	2	49	47
II.	449	4	50	48
II.	450	23	47	46
II.	454	número 42.	Nobio	Niobio
		VOCABULARIO GEOLÓGICO.		
I.	29	8	extrato	estrato
		ÍNDICE DE LAS LÁMINAS DEL ATLAS.		
		Número 36.	corbonífero	carbonífero
		EXPLICACION DE LAS LÁMINAS.		
	Lámina 24.	19	Luguminosites	Leguminosites.
		EN LA LETRA DE LAS LÁMINAS.		
		Lámina 5.	Gliser	Geiser
		Lámina 21.	lacuestre	lacustre
		Lámina 24.	terreno y fósiles	corte y fósiles
		Lámina 20.	Kauper	Keuper

PRÓLOGO.

En la *Gaceta* del 3 de Agosto de 1855 se publicó la exposicion y el Real decreto de convocatoria que copiamos á continuacion; no sin advertir de paso que el Ministro á que se refiere en el preámbulo, fué el Excelentísimo Sr. D. Francisco Luxán, á quien las ciencias todas, y muy especialmente la Geología, le deben una eficaz protèccion y notables adelantos por el celo y fe con que siempre las ha cultivado tan ilustrado patricio.

La exposicion que precede al Real decreto, dice así:

« Ministerio de Fomento.—*Exposicion á S. M.*—Señora.—El Ministro de Fomento, digno antecesor del que suscribe, propuso á V. M. en 6 de Setiembre del año anterior un proyecto de decreto para abrir concurso público y adjudicar el premio de 20,000 rs. á cada uno de los autores de los tres mejores Manuales de Física, Mecánica y Química aplicadas á la Agricultura y á la Industria. La idea laudable que presidió en aquel pensamiento tan provechoso para las ciencias y las artes, quizás sería incompleta en sus resultados sin otro auxiliar poderoso que dé á conocer las rocas, sus detritus, las probabilidades de hallar unas ú otros en terrenos dados, sus sustituciones, aplicaciones de los principios geológicos al encuentro y aprovechamiento de las aguas subterráneas y otros muchos fines no menos importantes. Sometida al dictámen de la Real Academia de Ciencias esta adicion al primitivo pensamiento, no solo conviene en la utilidad, sino en la necesidad de completarlo con un Manual de Geología con las mismas aplicaciones. El Ministro que tiene la honra de dirigirse á V. M. al aceptar las bases propuestas por dicha corporacion, estima justo ofrecer iguales recompensas al autor del mejor Manual de Geología que á los de Física, Mecánica y

Química, y fundado en estos motivos propone á V. M. el adjunto proyecto de decreto. San Lorenzo 30 de Julio de 1855.=Señora.=A L. R. P. de V. M.=Manuel Alonso Martinez.»

El Real decreto está concebido en los siguientes términos:

«Real decreto.=En consideracion á las razones que me ha expuesto el Ministro de Fomento, vengo en decretar lo siguiente:

Artículo 1.° Se abre concurso público para adjudicar un premio de 20,000 rs. al autor del mejor Manual de Geología aplicada á la Agricultura y á las artes industriales que con aquella tienen relacion.

Art. 2.° Las condiciones del concurso y las ventajas que además se ofrecen al autor, serán las que se expresan en la instruccion y programa que he tenido á bien aprobar con esta fecha, oida la Real Academia de Ciencias.

Art. 3.° La Real Academia de Ciencias será el juez del concurso.

Art. 4.° Se pedirá á las Córtes la aprobacion de la cantidad ofrecida, consignándola al efecto en los presupuestos del año próximo.=Dado en San Lorenzo á 31 de Julio de 1855 &c.»

Entre las condiciones y ventajas del concurso, se leen las siguientes:

«Condiciones generales y programa para la celebracion del concurso.=El objeto del Gobierno de S. M. al celebrarlo es que se presenten reunidas en un Manual elemental todas las verdades útiles y prácticas que enseña en el dia la Geología. Verificarlo sin hacer uso de los métodos y demas nociones sublimes propias de las ciencias, es la gran cuestion que tienen que resolver los opositores. Para ello ha de estar redactado el Manual en lenguaje claro, conciso y fácil de comprenderse aun para aquellas personas que tan solo posean los conocimientos de las prácticas agrícolas é industriales. Cuando los autores presenten las definiciones fundamentales de la ciencia, deberán acompañarlas de explicaciones y de ejemplos que las hagan fácilmente perceptibles, desnudándolas de todo aparato científico. Cuando traten de las doctrinas, es de necesidad que estas se apoyen con ejemplos prácticos, escogiendo los de mas general y útil aplicacion á la Agricultura y á la Industria. Siempre que sea posible, deberán presentarse tablas y cuadros sinópticos sobre los resultados teóricos y prácticos de utilidad reconocida. El autor del Manual podrá separarse en cuanto lo creyese útil del programa siguiente, con tal que sea para mejorarlo.

El objeto es dar idea de lo que en aquel se exige; y el deseo del Gobierno asegurar el logro de los mayores beneficios posibles para la Agricultura y la Industria del país.

El Manual premiado, en el hecho de serlo, quedará declarado libro de texto obligatorio para la enseñanza por espacio de cinco años, á contar desde su publicacion. Podrá prorogarse aquel derecho por otros cinco; y aun trascurridos estos, hasta la celebracion de un nuevo con-

curso, siempre que el autor lo reforme ó adicione convenientemente, á juicio y con aprobacion de la Real Academia de Ciencias.»

En el preámbulo al Real decreto de convocatoria para el concurso de los Manuales de Física, Mecánica y Química, despues de indicar que con frecuencia las clases industriales y agrícolas rechazan con indiferencia, cuando no con desden, cuanto se les ofrece con aparato científico, al paso que acogen ávidas cuanto se les presenta en lenguaje acomodado á su comprension, dice que la legítima deduccion de estas verdades era la necesidad de que en lenguaje usual y al alcance de todos se publicasen unos Manuales &c. Y mas adelante se expresa así:

«Ni es menor la conveniencia de que con arreglo á lo dispuesto en los cánones de algunos concilios, en los Seminarios conciliares y en los Institutos religiosos dedicados á la enseñanza, despues de los estudios propios de su estado, aprendan sus profesores y el clero esta clase de conocimientos aplicados á la Agricultura y á la Industria, para difundirlos despues con la voz y con el ejemplo entre los feligreses y entre los discípulos que pertenecen á las clases laboriosas.»

Todas estas consideraciones las hizo extensivas al Manual de Geología el decreto de 31 de Julio que acabamos de copiar.

Arduo por demas era y bien superior á mis débiles fuerzas el atreverme á entrar en esta liza científica, á la que necesariamente habian de concurrir todas las notabilidades del país y aun extranjeras, pues que la convocatoria no las excluia: pero fiado en lo anónimo en que conforme á las condiciones del concurso tenia que presentarse el escrito, me decidí, no sin temor y con fundada desconfianza, á llevar mi piedra al edificio científico. Otras razones no menos poderosas, pues eran de delicadeza, me obligaron irresistiblemente á entrar en este certámen. Con efecto, mi posicion de profesor de Geología y Paleontología en la Universidad Central; el haber merecido del Gobierno de S. M. la honrosa cuanto delicada mision de estudiar en el extranjero este ramo del saber, por desgracia harto descuidado entre nosotros; el haber examinado por mí mismo la mayor parte de los hechos cuyo conjunto constituye la ciencia geológica, y traido de casi todas las regiones clásicas de Europa abundantes y ricas colecciones de rocas y fósiles que forman hoy uno de los mejores ornatos del Museo de Ciencias naturales de Madrid; todo esto me obligaba, por un lado por via de justificacion, y auxiliado por otro de los preciosos materiales que están bajo mi direccion como profesor del ramo, á emprender la redaccion del Manual de Geología que hoy presento al público con menos temor, pues lleva ya

en sí el sello de la aprobacion de un juez competente y tan respetable como la Real Academia de Ciencias.

El Gobierno de S. M. sancionó el programa que á juicio de la Real Academia debia servir de norma para escribir el Manual, no sin dejar completamente libre al autor para que se separara de él en cuanto lo creyera conveniente para mejorarlo. Las observaciones que terminan el prólogo justifican plenamente las razones que tuvo el autor para hacer uso de semejante autorizacion, al paso que explican las alteraciones que en aquel se han introducido.

Por lo demas, en cuanto á la claridad en el lenguaje y en lo de presentar las verdades de la ciencia al alcance de todos, sin prescindir del tecnicismo científico, pues esto es de todo punto imposible, he procurado atender á los justos y laudables deseos del Gobierno.

Siempre que me ha sido posible he confirmado con mis observaciones propias los principios de la ciencia; consultando cuando no, con respetables autoridades científicas así nacionales como extranjeras, á las que les debo la expresion de toda mi gratitud por el eficaz auxilio que se han dignado prestarme en este que para mí era el primer ensayo en la carrera científica.

Las numerosas viñetas intercaladas en el texto, la mayor parte hechas por mí (1), y el atlas que acompaña á la obra, el mas rico de cuantos adornan los tratados elementales de Geología publicados hasta el dia en Europa, constituyen una ilustracion necesaria en este género de publicaciones, que ponen la ciencia al alcance de muchas gentes, que sin estos medios no se atreverian ni siquiera á saludarla.

He procurado dar al Manual todo el sello español posible, así en la teoría como en la práctica, citando ejemplos de rocas y fósiles, hechos curiosos y aplicaciones de la ciencia en nuestro país; cabiéndome la satisfaccion de haber reunido en un cuerpo de doctrina la mayor copia de datos acerca de la constitucion geológica de la Península y sus resultados prácticos.

Réstame tan solo hacer una advertencia relativa al lenguaje científico adoptado en la obra. Por desgracia, esta parte tan esencial para el cultivo de una ciencia, se ha mirado con sobrada indiferencia, cuando no con desden, hasta por aquellas personas mas respetables en el país. Así es que, con desdoro y menoscabo del rico y elegante idioma de

(1) El grabado en madera de todas las viñetas de la obra, ha sido ejecutado por el distinguido español Sr. Vierge.

Cervantes, se han admitido por sábios españoles una porcion de voces tales como *bloque*, *sublevacion*, *avalancha*, *grauwacke*, *trappe*, y otras muchas que, ó son las mismas admitidas en el extranjero y pronunciadas tal como suenan en español, ó lo que, si cabe, es aun peor, malísimas traducciones del francés. Fácil es comprender que, cuando un idioma carece de ciertas expresiones técnicas, hay que tomarlas de aquel de donde proceden, aunque siempre á condicion de darles el sello de la lengua en que se introducen. Lo mismo puede decirse respecto á la terminacion de los adjetivos que expresan los diferentes terrenos que, como se han tomado casi siempre del francés, que hace *ien*, como *silurien*, *devonien*, *peneen* &c., no se ha tenido ningun escrúpulo en convertirla en *ano*, como *siluriano*, *devoniano*, *peneano*, *et sic de cœteris*. Verdad es que la mayor parte de los que cultivan hoy la ciencia en España admiten este modismo, sin darse razon del por qué lo usan; pero, por un lado, este proceder negligente no se halla autorizado por acuerdo alguno de la Academia de la Lengua ni de la de Ciencias; y por otro, en apoyo del lenguaje adoptado en la obra, tiene su autor lo que ha sucedido recientemente entre nosotros con el zoológico, en el que, despues de estarse diciendo y escribiendo por muchos, *saurianos*, y por algunos *sorianos*, *ofidianos*, *batracianos*, del francés *sauriens*, *ofidiens*, *batraciens* &c., se pronuncia hoy *sáurios*, *ofidios*, *batracios* &c., expresiones mas elegantes y delicadas al oido, al par que menos francesas. Justifiquen mis buenos deseos esta innovacion, que tal vez no sea del gusto de todos, pero que estaba en el deber de adoptar, siquiera fuese en obsequio al elegante y rico idioma castellano, sobre todo en uno de los primeros tratados originales de Geología que se escribe en español. Así es que he tomado del castellano las voces técnicas que posee, que no son pocas, por mas que las ignoren muchos; y cuando he recurrido, por necesidad, á otros idiomas, he procurado adaptar sus expresiones al nuestro: el público imparcial juzgará. Solo falta para terminar este prólogo, algo prolijo tal vez, presentar las razones que he tenido para separarme del programa del Gobierno de S. M., y explicar los puntos principales en que difiero de aquel.

El programa empieza por la definicion de la Geología y Paleontología. El autor ha creido conveniente presentar antes una idea general del orígen, historia de las vicisitudes y estado actual del globo, con el doble objeto de excitar la atencion del lector atrayéndolo hácia un estudio tan bello como útil, y presentarle el plan de la obra.

Considerada la Paleontología como una parte de la Geología, se ha creido mas conveniente dejar la definicion de aquella para el artículo en que se trata de la division de la ciencia, y despues al hablar de este ramo especial de la ciencia.

En el tratado de *Rocas*, el programa empieza por la definicion, division y clasificacion de las mas comunes. El autor ha creido necesario de todo punto hacer preceder este artículo de tres consideraciones esenciales, á saber: 1.ª Indicacion de los cuerpos simples que mas importancia tienen en la constitucion del globo y su influencia respectiva. 2.ª Enunciacion sucinta de los caractéres mas indispensables de que se ha de servir el geólogo para saberlas reconocer y distinguir. Y 3.ª y última. Descripcion de los minerales que entran en la composicion de las rocas.

La definicion y distincion general de los terrenos y formaciones &c., del programa del Gobierno, lo ha reducido el autor á los tres artículos Estratigrafía, Geografía orgánica y Paleontología, como introduccion al estudio particular de los terrenos.

En cuanto á los métodos de hacer ensayos cualitativos para reconocer las sustancias que predominan en un terreno dado, si esto hace relacion á las tierras vegetales ó á los criaderos metalíferos, queda hecho en el capítulo de Geología industrial y agrícola: y si se refiere á los terrenos propiamente dichos en lenguaje geognóstico, el autor cree que el mejor método para hacer esta averiguacion es el de la inspeccion directa.

Terminada la descripcion detallada de los terrenos, el autor ha creido conveniente indicar los medios de que se vale hoy la ciencia para representarlos gráficamente en una region dada con todas las aplicaciones que de ello pueden hacerse. El artículo de los Mapas geológicos y agronómicos, poco ó nada indicados en los tratados de Geología, es una innovacion que el autor cree útil.

Tambien piensa haber llenado un vacío con el corte ideal de la tierra y el cuadro de la clasificacion de los terrenos.

La division de la obra en cuatro partes, no solo la hace mas didáctica y fácil de comprender, sino que reunidas en la llamada Geotecnia todas las aplicaciones que pueden hacerse de la ciencia á la Agricultura é Industria, da la facilidad de poder separar la obra conforme al gusto y tendencias de cada cual; siendo esto muy cómodo, particularmente para viajes.

Me atrevo á llamar de un modo particular la atencion de la Real Academia sobre el sello español que el autor ha procurado dar á toda la obra, en la que ha tenido cuidado de citar mas bien ejemplos de la Península que del extranjero, como lo hubiera podido hacer, ora por la lectura de obras impresas allende los Pirineos, ora por observaciones propias en todo lo relativo á rocas, terrenos y á sus aplicaciones. Tambien, para garantía en la exactitud, debe hacer presente que, en general, todas aquellas observaciones que no llevan indicacion de autor, pertenecen al de este *Manual*, especialmente en lo tocante á los fenómenos volcánicos, á los de las nieves perpétuas, y á la descripcion de rocas y terrenos; siendo igualmente suyos muchos de los cortes que ilustran la obra.

Hé aquí ahora el documento que acredita la señalada distincion que la Academia Real de Ciencias se ha dignado dispensar al *Manual:*

«Real Academia de Ciencias de Madrid.=En sesion del dia veinticinco de Mayo del año anterior declaró esta Academia ser por *unanimidad* merecedor del premio ofrecido por el Gobierno, en concurso público abierto por Real decreto de 31 de Julio de 1855, el autor del *Manual de Geología aplicada á la Agricultura y á las artes industriales* que con aquella tienen relacion, presentado á certámen con el lema «*La Geología es la base racional de la Agricultura y de las artes industriales.*» Y como despues de aprobada por S. M., en Real órden de 1.° de Julio del mismo año esta calificacion de la Academia, se haya abierto, en la sesion pública celebrada en el dia de ayer, el pliego correspondiente la Memoria premiada, en que aparece ser autor de la obra el Señor D. Juan Vilanova y Piera, catedrático de Geología en la Universidad Central, tengo la satisfaccion de dirigirme á V. S., por acuerdo de esta corporacion, para participárselo, y para los fines que son consiguientes á la adjudicacion del premio. Dios &c. Madrid 25 de Junio de 1858.= El Secretario, Mariano Lorente.=Sr. D. Juan Vilanova y Piera.»

INTRODUCCION.

Siendo el objeto de este *Manual* dar á conocer del modo mas conciso posible todo lo relativo á la historia física de la tierra, y á las numerosas aplicaciones que de este estudio puede hacer el hombre para mejorar las condiciones de su existencia, parece oportuno describir, por via de introduccion y en breves palabras, el orígen probable del globo y sus principales vicisitudes, con lo cual será fácil darse razon de su estado actual, al paso que se trazará por este medio el plan de la obra, y se podrá comprender lo vasto y maravilloso de la ciencia geológica.

La tierra, y con bastante probabilidad los demas planetas de nuestro sistema, formaron parte en un principio, segun el gran astrónomo Laplace, de la atmósfera del sol, de la cual se desprendieron, uno tras otro, en forma de anillos. La materia de que constan, por efecto de la incalculable fuerza de atraccion que reunió sus moléculas, adquirió una temperatura tan sumamente elevada, que se mantuvo por mucho tiempo en un estado incandescente y pastoso, muy análogo al baño de un mineral fundido.

En tal estado, la tierra, obedeciendo á las leyes de gravitacion universal y al juego de las fuerzas centrípeta y centrífuga, empezó á moverse en el espacio sobre su eje, y alrededor del sol, adquiriendo la forma esferoidal propia, como le sucederia á una bola de metal enrojecida por el fuego que se la hiciera girar en el espacio. Mas adelante veremos que la forma de la tierra es una de las razones mas poderosas para creer en su orígen flúido, ó blando y pastoso cuando menos. Partiendo de esta hipótesis, la mas generalmente admitida hoy en la ciencia, veamos cuáles son los rasgos mas característicos de la historia física de nuestro planeta, y si estos mismos llegan á confirmar aquella suposicion.

La tierra, considerada como cuerpo natural, estuvo sujeta á la irradiacion del calor, aumentada con la baja temperatura de los espa-

cios por donde giraba dentro de su propia órbita: esto determinó el principio de una operacion que todavía se continúa en nuestros dias, el enfriamiento de su superficie; dando por resultado la formacion de una capa de mayor ó menor consistencia que la cubrió por igual. La interposicion de esta capa determinó una lucha terrible entre la natural expansion de los gases contenidos en el interior, resultado de las sorprendentes reacciones que se verificaban en aquel inmenso laboratorio químico, y el débil obstáculo que aquella oponia á su salida al exterior. Al principio la victoria se decidió por la fuerza elástica de los vapores, abriéndose en varias y determinadas direcciones la capa exterior, dando lugar á grandes desquiciamientos de la superficie del globo que originaron sus primeros accidentes y desigualdades. Hé aquí cómo empezaron á formarse las montañas en la superficie terrestre; montañas que, en razon á la poca resistencia y espesor de la capa sólida, no debieron tener gran elevacion: así fué, con efecto, mereciendo mas bien el nombre de colinas, que de montañas, las primeras protuberancias terrestres.

El enfriamiento, empero, y el juego de las infinitas y complicadas reacciones químicas, continuaban entretanto su curso majestuoso; resultando de este estado, que puede llamarse embrionario de la tierra, que la materia incandescente quedó encarcelada en su interior, no sin dejar sentir de tiempo en tiempo sus efectos, tanto mas terribles y desastrosos, cuanto mayores eran los obstáculos que le presentaba la capa exterior.

En cada una de estas grandes luchas (1) entre los elementos interior y exterior, no solo se originaba la formacion de cordilleras de montañas que seguian una direccion determinada por las leyes del enfriamiento aplicadas á un cuerpo regular, como era y es la tierra, sino que al propio tiempo se abrian hendiduras que eran otros tantos conductos por donde aparecieron mas tarde los materiales de los volcanes por una parte, y los que produjeron los filones por otra. La materia, despues de llenar mas ó menos exactamente las cavidades, se derramaba por la superficie de la tierra ó penetraba á través de los terrenos sobrepuestos, determinando accidentes muy curiosos que se darán á conocer en el cuerpo de la obra.

En este período ó época de la historia física de la tierra, no solo el agua, sino tambien las sustancias que requieren temperaturas mas elevadas para afectar el estado gaseoso, permanecian suspensas en el espacio, formando alrededor de nuestro planeta una atmósfera tan pesada y deletérea, que contribuyó, y no poco, á que fuese por entonces imposible la aparicion de la vida en su superficie.

---

(1) Prescindo de si estos movimientos terrestres fueron bruscos y violentos, ó lentos y sucesivos como se cree hoy en la ciencia; pues la índole didáctica y elemental de la obra requiere que se presenten los hechos bien claros y terminantes sin mezcla de discusion y duda propias de obras filosóficas.

Mucho mas tarde fué cuando, á consecuencia del aumento sucesivo de la capa sólida, y de la desaparicion de ciertos principios nocivos en la atmósfera, la tierra ofreció condiciones convenientes, y la vida hizo su primera aparicion.

Con el descenso de la temperatura en las altas regiones atmosféricas, las aguas tomaron el estado gutular, ó tal vez el esferoidal, precipitándose sobre la tierra en espantosos diluvios, constituyendo uno de esos majestuosos y terribles espectáculos que no ha sido dado al hombre observar. Pero la superficie terrestre gozaba todavía de una elevada temperatura, á beneficio de la cual las aguas se evaporaron de nuevo, no sin robarle una gran parte de calor, contribuyendo de este modo al sucesivo enfriamiento de la tierra. Esta operacion se repitió muchas veces, determinando iguales efectos; hasta que el elemento líquido logró establecerse en la superficie de la tierra, constituyendo los primitivos Océanos, en cuyo seno resplandeció la mano creadora del Todopoderoso con los primeros destellos de la vida, que, segun veremos, fué esencialmente marina.

La tierra quedó desde este momento separada en mares y continentes, si bien estos de corta extension, y representados mas bien por islas que se perdian en la inmensidad de aquellos.

En este período empezó ese círculo maravilloso que recorren las sustancias terrestres, y en especial el agua, elevándose desde la superficie del globo á las altas regiones atmosféricas; descendiendo de estas para restablecer el equilibrio y dar vida al reino vegetal; pasando de este al animal, y volviendo otra vez á la tierra y á la atmósfera su primitivo punto de partida.

Las aguas, al precipitarse sobre la tierra, determinaron terribles cataclismos, y una hidrografía exterior bastante uniforme, en relacion con el estado regular de la superficie del globo, y secundada su accion por la de otros agentes no menos poderosos, debieron producir en gran escala la descomposicion de las rocas, endurecidas por efecto del primer enfriamiento, proporcionando los materiales que, acarreados al fondo de los mares, dieron orígen á los primeros depósitos neptúnicos ó estratificados, llamados así por la naturaleza de los agentes que los determinaron, y por su disposicion en forma de capas ó lechos. Naturalmente, los séres que poblaban las primeras tierras arrastradas por las corrientes, así como los que, pereciendo en los mares de muerte natural, ó por algun cambio brusco en las condiciones de su existencia, iban á depositarse en el fondo de aquellos mares, debian quedar enterrados en la masa de los materiales allí acumulados, constituyendo las primeras medallas indelebles é imperecederas de la historia física de nuestro planeta.

Seguia entretanto la lucha entre el enfriamiento de la superficie que daba lugar á capas mas y mas profundas, y la fuerza elástica de los gases encarcelados en el interior, hasta que cesando el equilibrio aparente, se repetia, como antes, el resquebrajamiento de la tierra y la

salida de materiales, dando lugar con su acumulacion á una ó varias cordilleras de montañas. Como estas aparecian por lo comun en el fondo del Océano, en razon á la inmensa extension de este, determinaban el desalojamiento de las aguas que en busca de su correspondiente nivel invadian los antiguos continentes, dejando en seco el territorio y el terreno que se habia formado en la época anterior en su mismo seno.

Esto produjo un cambio notable en las condiciones climatológicas de la tierra, variando tambien mas ó menos completamente el carácter de la vida que hermoseaba su superficie. Entre los séres que vivieron en la época anterior, algunos pudieron resistir á este trastorno subsistiendo en la nueva época de la historia de nuestro globo. La inmensa mayoría perecian, quedando sepultados en el espesor de las capas de los sedimentos anteriores, como una prueba inequívoca de su existencia, abandonando el campo á los séres que, con su aparicion, daban principio á otra época de creacion orgánica.

Por este procedimiento tan sencillo, y por la acumulacion de materiales en el fondo de los Océanos, iba engrosando la masa exterior consolidada del globo, que, por otra parte, aumentaba en capas de cada vez mas interiores por el contínuo enfriamiento del globo, nivelándose de esta manera la superficie terrestre.

Así continuaba la historia maravillosa de la tierra, sucediéndose á los períodos de calma los de trastorno y revolucion, en los cuales variaba el aspecto de la parte mineral y orgánica de su superficie. Nuevas cordilleras de montañas surgiendo del seno de los Océanos cambiaban sus relaciones entre estos y los continentes, trasportando su accion á regiones mas ó menos apartadas, y determinando la renovacion casi completa de la vida en el globo.

Estas operaciones, al principio generales, luego de cada vez mas circunscritas, se repitieron gran número de veces, como veremos mas adelante, dando por resultado efectos análogos ó muy parecidos; es decir, que se renovaba, si no por completo, al menos en gran parte, la vida vegetal y animal en cada uno de estos períodos, observándose que de cada vez la organizacion se presentaba mas perfecta en el fondo y mas variada en sus formas y tipos, efecto lógico y natural de las mejores condiciones biológicas que, con el enfriamiento sucesivo del globo, con la benéfica influencia del calor solar y con la mayor pureza de la atmósfera, iba adquiriendo sucesivamente la tierra.

Siendo la materia la misma desde su orígen, é invariables las leyes generales que la rigen en sus grandes manifestaciones, se comprende que la tierra no ha llegado todavía al término de su historia. La materia continúa en pleno ejercicio, aunque debilitada su accion, y determina hoy efectos análogos, ya que no enteramente idénticos, á los que caracterizan su orígen y sucesivo desarrollo.

El hombre data de ayer, esto es, desde el principio de la época actual en que, coronada con su aparicion en la escena del mundo la sorprendente obra de la creacion, Dios quiso descansar, segun la ex-

presion sublime de los libros sagrados. De consiguiente, no ha podido presenciar las grandes vicisitudes que caracterizan la historia física de su propia habitacion, el globo. No le faltan, empero, datos y hechos que, convenientemente interpretados á beneficio de las ciencias físico-naturales, le ilustren en materia tan difícil como encantadora.

En nuestra época, que suele contarse desde la aparicion en la tierra del ser mas perfecto de la creacion, del que Dios mismo quiso formar á su propia semejanza y hechura, las cosas se verifican, sobre poco mas ó menos, como en los tiempos anteriores. La accion interior de los gases y de la materia pastosa ígnea, luchando de contínuo con la capa sólida combinada con la de los agentes exteriores, agua, aire, electricidad &c., determinan efectos análogos: por un lado, depósitos que se verifican en el fondo de los mares, y lagos de un modo mas ó menos horizontal, efecto del trasporte de los materiales que fueron descompuestos primero, desprendidos y acarreados despues desde las partes altas; por otro, compresion de la materia candente interior por efecto del enfriamiento sucesivo de la capa sólida que determina el aumento gradual de su espesor por la infraposicion de capas; y por último, la materia interior, que primero determina temblores de tierra y oscilaciones en los continentes, vencida la resistencia de la capa sólida, aparece al exterior en forma de volcanes, que se pueden considerar como las válvulas de seguridad que conservan el estado de equilibrio de nuestra débil y frágil habitacion.

El dia en que redoble su vigor la accion elástica de los gases y materias inflamables interiores, por efecto del creciente enfriamiento de la capa sólida exterior y de la completa obstruccion de esas válvulas de seguridad, aparecerá en el fondo del Océano una cordillera de montañas que, segun todas probabilidades, será volcánica, cesando la calma aparente de nuestra época, y con ella el estado actual de cosas.

Mientras tanto, y sin preocuparnos mucho del porvenir de la tierra, pues todavía han de pasar muchos siglos antes que tal conjunto de fenómenos se verifique, veamos de qué manera el estudio de esta ciencia sublime nos conduce á procurarnos las mejoras materiales que exige hoy con imperio la série creciente de necesidades de la sociedad humana.

La sucinta reseña de la historia física de la tierra, que se acaba de trazar, no solo nos inicia en las bellezas y encantos de tal estudio, sino que ofrece al propio tiempo la ventaja de presentar en resúmen el plan que se seguirá en el desarrollo de la obra. Con efecto, conocido el orígen de nuestro globo y la razon de su estado actual, procediendo lógicamente, despues de ciertas nociones preliminares acerca de la definicion de la ciencia, su division y relaciones con las demas, se empezará por las nociones de *Geografía física* indispensables para penetrar en el estudio de la Geología: esto formará el primer capítulo.

En el segundo, que se llamará de *Causas actuales*, se tratará de la accion de los agentes que tienden á modificar la superficie del globo. Los dos reunidos constituirán la primera parte de la obra.

En la segunda, que se intitulará *Geognosia*, trataremos, en capítulos separados, de todo lo relativo á la constitucion física del globo, desde el conocimiento de los cuerpos elementales hasta sus combinaciones mas complejas, en lo que se llama roca, fósil, formacion y terreno, indicando de paso, en cada una de ellas, las oportunas y mas útiles aplicaciones á la Agricultura y á la Industria.

Sin perjuicio de lo que se exponga en esta segunda parte, y atendida la naturaleza esencialmente práctica de la obra, se destinará otra, que será la tercera, á tratar en detalle de las principales aplicaciones que se pueden hacer del estudio de la Geología, fijándose muy especialmente en todo lo relativo á la asociacion de minerales útiles y terrenos en que se encuentran; al conocimiento y distincion de las diferentes especies de tierra vegetal; al modo de formarse esta y de mejorar sus condiciones &c.; á los usos á que pueden destinarse las rocas principales en la construccion, en el arte cerámico ó alfarería en general, y á la importantísima cuestion de los pozos artesianos, medio el mas eficaz, en nuestro concepto, de combatir la sequía que tanto aflige á las provincias meridionales de la Península.

La poesía de la Geología, ó teoría de la tierra, con la indicacion de las principales opiniones que hán dominado en el campo de la ciencia, para explicar el orígen de aquella y las vicisitudes que caracterizan su historia física, y lo relativo á la concordancia entre los libros sagrados y los descubrimientos científicos modernos, formará la cuarta y última parte, que llevará el título de *Geogenesia*.

Con el objeto de cumplir uno de los requisitos exigidos por el Gobierno en el preámbulo al decreto de convocatoria para el concurso, cerramos la *Introduccion* con el cuadro de correspondencia de los pesos y medidas españolas con las métricas; siendo mas fácil referirse á él, que hacer el cálculo cada vez que se trate de cantidades que van arregladas al sistema decimal.

CORRESPONDENCIA DE LAS MEDIDAS ESPAÑOLAS CON LAS MÉTRICAS.

Vara	0,83590 de metro.
Pié	2,78635 decímetro.
Pulgada	2,32196 centímetros.
Línea	1,93496 milímetros.

MEDIDAS DE SUPERFICIE.

Metro cuadrado	12,88036112 piés cuadrados.
Decámetro cuadrado	1288,036112 »
Hectómetro cuadrado	128803,6112 »
Kilómetro cuadrado	12880361,12 »

	Pulgs. cuads.	Líns. cuads.
Decímetro cuadrado	18,54772001	2670,871682
Metro cuadrado	1854,772001	267087,1682

MEDIDAS DE CAPACIDAD.

Kilólitro	1,000 litros.	61,97019 de cántaras.
Hectólitro	100 »	6,197019 »
Decálitro	10 »	4,95761 azumbres.
Litro	decímetro cúbico.	1,98304 cuartillos.
Decilitro	$\frac{1}{10}$ de litro,	0,79321 de copa.
Cántara		1,61367 decálitro.
Azumbre		2,017,9 litros.
Cuartillo		0,50427 »

MEDIDAS DE VOLÚMEN.

Metro cúbico	46,22661 piés cúbicos.
Decímetro cúbico	79,87958 pulgs. cúbicas.
Centímetro cúbico	138,03192 líneas cúbicas.

MEDIDAS DE PESO.

Kilógramo	1000 gramos.	2,17347 libras.
Hectógramo	100 »	3,47755 onzas.
Decágramo	10 »	5,56409 adarmes.
Gramo	centímetro cúbico.	20,030733 granos.
Decígramo	$\frac{1}{10}$ de gr., ó 0 gr., 1	2,003073 »
Centígramo	$\frac{1}{100}$ ó 0 gr., 01	0,200307 »
Milígramo	$\frac{1}{1000}$ ó 0 gr., 001	0,02003 »

NOCIONES PRELIMINARES.

Definicion, division y relaciones de la Geologia con las demas ciencias.

La palabra *Geología*, derivada de dos raices griegas *ge*, tierra, y *logos*, discurso, significa, en su sentido mas rigoroso, discurso ó historia de la tierra. Esta historia, empero, no es la civil, ni la política, sino la física, ó sea la que considera á nuestro planeta como un cuerpo natural del sistema solar, trazando los cambios que con el trascurso de los siglos han experimentado todos sus materiales, ora pertenezcan al reino mineral, al vegetal ó al animal; estudiando la estructura de aquella parte accesible á nuestros medios de investigacion, los fenómenos que en la superficie y fondo han tenido lugar, y las leyes que presidieron á la formacion originaria, á la disposicion de los elementos que la componen, y á su estado actual.

Procediendo con método, el estudio de la Geología se divide en dos partes, elemental y comparada, subdividiéndose á su vez en Geografía física, Mineralogía y Paleontología la primera, y en Geognosia y Geogenesia, ó teoría de la tierra, la segunda. Veamos el significado de cada una de estas expresiones.

Por Geología elemental se entiende aquella parte de la ciencia que solo trata de los conocimientos mas sencillos, y que por decirlo así son preliminares, si bien hasta cierto punto indispensables para comprender su verdadera índole: son los cimientos compuestos de nociones deducidas de ciencias mas ó menos enlazadas con la Geología y sobre los cuales ha de estribar el hermoso y magnífico edificio de la ciencia. Esta parte se subdivide en Geografía física, Mineralogía y Paleontología.

La Geografía física es el estudio de la configuracion exterior del globo y de sus variados accidentes. Se divide en astronómica, orográfica é hidrográfica.

La Mineralogía es la ciencia que examina los factores minerales del globo. La Mineralogía forma ya un ramo especial, gracias al número considerable de minerales que se conocen, al modo de considerarlos y al objeto definitivo que se propone; de consiguiente no es un tratado de esta ciencia lo que pensamos dar, pero como el geólogo necesita conocer las principales sustancias que perteneciendo al reino mineral tienen una verdadera importancia en la constitucion de nuestro globo, presentaremos unas nociones que son las que deben formar parte de la Geología.

En la composicion de la costra sólida del globo no solo entran materiales del reino mineral, sino tambien los restos de los animales y vegetales que en las diferentes épocas de su historia física poblaron su superficie y que perecieron por causas que veremos mas adelante. A estos restos de séres antiguos se les dá el nombre de *fósiles* ó *petrificaciones*, y á la ciencia que los estudia se ha convenido en llamar Paleontología de *palayos*, cosa antigua, y *logos*, discurso, tercera y última parte de la Geología elemental (1).

La comparada se subdivide á su vez en dos secciones, Geognosia y Geogenesía.

La Geognosia nos explica la composicion del globo terrestre y las leyes que gobiernan la conveniente y oportuna distribucion de sus materiales: es la verdadera Geología ó la parte realmente práctica de la ciencia. Algunos la han llamado Geognomía, palabra derivada del griego *ge*, tierra, y *gnomos* ley; pero aunque conozcamos que tal vez sea mas propia esta expresion, renunciamos á adoptarla atendido el comun asentimiento que se ha dado á la otra cuya etimología procede de *ge*, tierra, y *gnosco*, *is*, conocer; lo único que tiene de malo si se quiere, es su orígen misto greco-latino.

Por último, la Geogenia, Geogenesis ó Geogenesía derivada de *ge*, tierra, y *génesis*, orígen ó nacimiento, es la parte sintética de la Geología que se propone, no ya registrar hechos como la Geografía física, la Mineralogía y la Paleontología, ni tampoco estudiar las leyes que han

(1) Por efecto de la distribucion que, con arreglo al programa del concurso, hemos dado al *Manual*, se ha colocado la Paleontología despues de la Geografía orgánica, sirviendo de introduccion á los terrenos de sedimento, reemplazándola en la Geología elemental por el capítulo de *Causas actuales*.

regido la distribucion de los materiales en el globo, sino que apoyándose en los datos que le suministran estas por medio del éxamen y análisis mas rigoroso, eleva nuestra mente á las mas sublimes consideraciones relativas al orígen probable ó cierto de la tierra, y á la historia de los hechos mas curiosos que se realizaron en su superficie en el trascurso de su larga existencia.

Esta parte puramente especulativa puede considerarse como la poesía de la Geología; poesía que deleita instruyendo y cuyo estudio y contemplacion sirven á menudo de poderoso recurso para sobrellevar los desengaños y sinsabores de la vida social, y hasta puede contribuir á fortalecer y asentar sobre bases mas sólidas las creencias religiosas.

La clasificacion de los conocimientos geológicos que acabamos de exponer, puede formularse de esta sencillísima manera. La Geología se propone resolver las cuestiones siguientes: 1.ª Conocer la superficie de la tierra *(Geografía física)*. 2.ª Estudiar los materiales que entran en su composicion *(Mineralogía y Paleontología)*. 3.ª Marcar la disposicion de estos materiales y las leyes que los rigen *(Geognosia ó Geognomía)*. Y 4.ª Inferir los fenómenos y catástrofes de que ha sido teatro la tierra desde su orígen hasta nuestros dias *(Geogenesía ó teoría de la tierra)*.

Estas dos clasificaciones corresponden perfectamente á los dos grandes objetos de toda ciencia, teórico ó especulativo el uno, práctico ó de aplicacion el otro.

El teórico es aquel que solo examina los principios puramente científicos, de cuyo cultivo pende el verdadero progreso de la Geología; así como la parte práctica que puede reducirse á la Geognosia, se propone la conveniente aplicacion de los conocimientos de la ciencia al mejor estar del hombre. Debiendo tener esta obra, segùn la mente del Gobierno, un sello eminentemente práctico, se prescindirá en cuanto sea posible de todo lo especulativo ó científico, fijándonos de un modo especial en las aplicaciones.

Dejando para el cuerpo de la obra el entrar en detalles acerca de todo esto, bastará por ahora indicar las relaciones que unen á esta ciencia con las demas y con las artes, y los auxilios que mútuamente pueden prestarse, para comprender la inmensa importancia de su estudio y apreciar en su justo valor la prevision del Gobierno de S. M. al proponer el concurso para la obra què tengo el honor de someter al fallo recto é imparcial de tan ilustre corporacion (1).

---

(1) Esto lo decia el autor al presentar el original á la Real Academia de Ciencias.

La Geología puede considerarse como la síntesis de todas las ciencias físico-naturales; de consiguiente, no debe extrañarse que las abrace á todas en sus vastas miras y que sea el foco al que convergen las demas, confundiéndose con frecuencia con ellas por su naturaleza particular; sirviéndose de los conocimientos que estas le procuran como base de los ulteriores adelantos; prestándoles á su vez el apoyo mas firme, y representando por fin el tronco del maravilloso árbol que forman los diversos ramos del saber que llevan por objeto el cultivo de las cosas naturales.

Relaciones de la Geología con la Astronomía.

Así es que la Geología se funda en los conocimientos que le proporciona la Astronomía, la ciencia admirable del firmamento, en lo relativo al orígen probable de la tierra y á su forma, densidad, lugar que ocupa en el espacio &c., &c; así como la Astronomía debe á la Geología una porcion de nociones preciosas acerca de la uniformidad de composicion de los demas cuerpos planetarios y de su respectiva historia física.

Con la Geografía física.

Aunque como hemos dicho, la Geografía física debe formar parte de la Geología, algunos la consideran como ciencia especial, gracias al desarrollo que en estos últimos tiempos han adquirido las cuestiones relativas á la descripcion geométrica de la superficie de la tierra. En este caso al par que la Geografía es una de las mas poderosas bases del estudio geológico, á su vez la Geología explicando los variados y diversos accidentes de dicha superficie, puede mirarse como la filosofía y el mejor sosten ó apoyo de aquella. Esta verdad se ve confirmada en la práctica cuando se nota la exactitud de los mapas geográficos trazados por personas versadas en la ciencia, y el embarazo del geólogo, por experimentado que sea, cuando carece de buenos mapas de las regiones que va á explorar.

Con la Meteorología é Hidrografía.

La Geología está íntimamente enlazada con la Meteorología y la Hidrografía, al paso que estas dos ciencias reciben de aquella el mas benéfico influjo. Con efecto, la primera al trazar la historia de los acontecimientos que en el órden físico se verificaron en la superficie de la tierra y en la capa gaseosa que la circunda, puede y en verdad debe considerarse como una Meteorología é Hidrografía retrospectivas. Además, circunscribiéndonos á la época actual, estas dos ciencias al estudiar la influencia de los agentes exteriores sobre la tierra, sirven á la Geología de gran auxilio; así como esta explicando la mayor parte, si no todos los fenómenos que forman el objeto de aquellas, se convierte en su verdadera filosofía. La disposicion y naturaleza de las montañas, la altura, forma y demas accidentes, la direccion de los valles &c.,

explican perfectamente la frecuencia de ciertos fenómenos meteorológicos en determinadas regiones, y la distribucion de las aguas en la superficie del globo. Al examinar en detalle estas materias en el cuerpo de la obra, veremos plenamente confirmada esta verdad.

Con la Mineralogía está de tal modo enlazada la Geología, que al establecer la clasificacion ó division de esta, vimos que forma una de sus partes principales. La Mineralogía es la ciencia que estudia ó enseña á estudiar los séres inorgánicos considerados como factores de nuestro planeta; de consiguiente sus relaciones con la ciencia geológica son evidentes. Por un lado aquella indica el número y naturaleza de los minerales que entran en la composicion del globo, mientras que por otro, al estudiar esta el modo de ser de dichos materiales, la disposicion y accidentes mas notables, se convierte en su mas firme apoyo. Hé aquí la razon de deberse completar todo curso de Mineralogía con las nociones de Geología mas indispensables para comprender su verdadera importancia. Con la Mineralogía.

Las relaciones entre la Geología, la Zoología y Botánica, las establece el estudio de los fósiles; pues siendo estos los verdaderos elementos de la Fauna y Flora que ha existido en nuestro globo en las diferentes épocas de la historia física, su estudio, que de derecho pertenece á la Botánica y á la Zoología, es de todo punto indispensable al geólogo. La experiencia ha confirmado este principio al crear una ciencia nueva hija de estas dos y que bajo el nombre de Paleontología es hoy dia la base mas sólida de la historia de la tierra. Además el descubrimiento de tipos nuevos y la comparacion de séres antiguos con los de la época actual, que son del dominio de la Geología, establecen otro lazo entre esta y las citadas ciencias, á las que presta grandes y muy notables servicios, ora descubriendo tipos de organizacion que regularizan la série de los cuerpos naturales, ora sondeando las importantes cuestiones de la aparicion de las especies en el globo, de su distribucion en él &c. Con la Zoología y la Botánica.

A la Física y Química debe la Geología la solucion de los mas importantes problemas, basados unos en las leyes del enfriamiento, en la influencia del magnetismo terreste &c., otros en la composicion íntima de los cuerpos. A su tiempo veremos que las famosas teorías del levantamiento de las montañas, del volcanismo y muchas otras, se fundan en conocimientos físico-químicos. Pero á su vez, como los cuerpos cuyas propiedades forman el objeto de estas ciencias entran precisamente en la composicion del globo, es claro que la ciencia que inves- Con la Física y la Química.

tiga su distribucion y modo de ser particular á cada uno, debe servir á aquella de un poderoso recurso.

Con la Agricultura.

Las relaciones entre la Geología y la Agricultura se comprenden sin grande esfuerzo con solo considerar que las plantas viven en la capa mas superficial de la tierra, llamada vegetal, resultado de la descomposicion de los materiales terrestres. En consecuencia, el conocimiento de su naturaleza y de los accidentes á que dan lugar debe ser de la mayor importancia para el agricultor, como veremos mas adelante; así como al geólogo puede servir de gran recurso el exámen y conocimiento de la tierra vegetal para apreciar la composicion de las rocas y montañas de una region dada.

Con la Industria.

¿Quién puede desconocer la necesidad de los conocimientos geológicos en la investigacion y explotacion del agua y de minerales ú otras materias útiles? La Geología dice al ingeniero de minas, «por medio de tales signos, reconocerás la presencia de estas ó aquellas sustancias»: le enseña además cómo y de qué manera debe conducir las operaciones de reconocimiento y extraccion para que dé buenos resultados; en suma, la Geología es la verdadera antorcha del que se dedica á este ramo importantísimo de industria, así como á su vez los trabajos de exploracion, la abertura de pozos, conductos subterráneos &c., ilustran al geólogo en una porcion de accidentes acerca de la composicion física de una cuenca ó comarca, cuyo estudio en la superficie es á veces, si no imposible, por lo menos muy difícil.

Lo propio puede decirse respecto del arte de perforar el terreno en busca de aguas, pues la Geología nos enseña cuáles son las circunstancias que debe reunir un terreno para poder arriesgar los capitales en esta especulacion; indica la presencia del agua en lo interior de las capas superficiales ó profundas de la tierra, y marca el punto en donde la sonda debe funcionar. A su vez la perforacion que lleva este objeto, no solo nos ilustra por medio de los materiales que se extraen respecto de la composicion del suelo, que no siempre es dado examinar de un modo directo, sino que ha contribuido tambien á establecer la teoría del calor central de la tierra y la ley que sigue este en su distribucion, como veremos mas adelante.

La Geología enseña al arquitecto, al ingeniero, al constructor de un ferro-carril á conocer los materiales de que debe servirse para la solidez de las construcciones que emprende; el punto donde podrá hallarlos de mejores condiciones, y las circunstancias mas favorables al buen éxito de sus empresas. El geólogo, á su vez, se da razon apoyada

con frecuencia en el corte de un terreno, en una carretera, en el túnel de un ferro-carril ó en las excavaciones para los cimientos de un edificio, de la constitucion de una comarca, recogiendo datos preciosos para la solucion de problemas importantes.

Con el arte militar.

Prescindiendo de las relaciones que enlazan la Geología con la Geografía física, tan necesarias para un jefe militar en las operaciones estratégicas de un sitio, batalla ó sistema de defensa; la ciencia que estudia y examina la naturaleza y disposicion de los materiales que componen la costra sólida del globo, la Geognosia, y en especial la Estratigrafía, ó sea la que estudia las leyes y principios que rigen la disposicion de las capas que en su conjunto constituyen el globo; la que hace ver la relacion que existe entre la forma y la naturaleza de las montañas &c., &c.; es de absoluta necesidad para dirigir convenientemente el arte de la guerra, y para obtener una ventaja real y positiva sobre el enemigo. Por ventura ¿será indiferente saber, en virtud de las nociones de la ciencia, por dónde deba atacarse al enemigo con mas probabilidades de buen éxito, ó el punto por donde pueda un ejército salvarse en un momento de apuro? La confirmacion plena de esta verdad la encontramos en la atencion especial que merece esta ciencia en la mayor parte de las escuelas militares extranjeras, y la importancia que se le da en muchas y recomendables obras de táctica militar (1).

Una legislacion justa y equitativa debe indudablemente fundarse en el conocimiento mas íntimo de la naturaleza del hombre; y como quiera que esta cambia segun una porcion de circunstancias, el legislador debe darse cuenta exacta de estas, á fin de adaptar á ellas las disposiciones que hayan de servirle de norma en el establecimiento de las leyes. Ahora bien; entre las circunstancias que mas poderosamente influyen, tanto en lo físico como en lo moral del hombre, son principales, á no dudarlo, las dependientes del suelo en que vive: de aquí la necesidad de los estudios geológicos para cumplir el legislador su elevada y santa mision en la tierra.

Con la ciencia de la legislacion.

La Geología está llamada á resolver las mas delicadas cuestiones de higiene pública y de las ciencias médicas en general. ¿Quién sino el dotado de conocimientos geológicos puede explicar y darse razon de la Topografía médica y de la influencia que ciertas condiciones físicas ejercen en el desarrollo de determinadas dolencias que hasta llegan á

(1) Léase la obra titulada *Teoría general de los reconocimientos militares*, por Sobieski, de Janina, 1 tomo 8.°, Paris, 1851.

afectar la belleza del hombre en regiones considerables? ¿Quién sino el geólogo explica la razon de la termantilidad y mineralizacion de las aguas que el médico aplica, con frecuencia á ciegas, para curar determinados males?

Con la Historia.

Por fin hasta con la historia tiene relaciones y puntos de contacto la Geología. En primer lugar, como que la aparicion del hombre data desde el principio de la última época geológica, se infiere que la historia civil empieza, por decirlo así, donde concluye la física; de consiguiente esta debe servir de introduccion á aquella: así lo ha comprendido uno de los historiadores modernos de mas fama, el Sr. César Cantú, en su historia universal. Además los grandes cataclismos y trastornos que de tiempo en tiempo afligen á los habitantes de una comarca, deciden á veces de su porvenir y de los cambios que en su carácter y condiciones de existencia se notan con frecuencia. El historiador debe tener conocimientos geológicos para darse razon de muchos hechos históricos que sin ellos permanecerian ocultos ó tal vez desfigurados en detrimento de la verdad, único fin que debe proponerse en sus indagaciones y escritos.

Lo dicho basta para apreciar las relaciones que enlazan á la Geología con las demas ciencias y con las artes, las ventajas que unas y otras pueden alcanzar de su recíproco y mútuo auxilio, y para comprender la importancia de los estudios geológicos considerados bajo el doble punto de vista teórico ó especulativo y práctico ó de aplicacion.

PARTE PRIMERA.

CAPÍTULO I.

Geografía física.

Conocida ya por lo expuesto en las nociones que preceden la índole particular de la Geología, las relaciones que la unen con las artes y con las ciencias, y la inmensa utilidad que puede lograr el hombre de su estudio y aplicacion, se está ya en el caso de entrar de lleno en el vasto campo de la ciencia, empezando por echar sus bases con el estudio de la Geografía física y de las causas actuales.

Definicion de la Geografía física.

Por Geografía física se entiende todo lo relativo al exámen de la configuracion exterior de nuestro globo.

Division.

Este estudio puede hacerse bajo tres puntos de vista reducidos al exámen de la forma y densidad de la tierra, al conocimiento de la parte sólida, y á la inspeccion de las aguas que cubren la superficie del globo. De aquí la division de la Geografía física en tres secciones ó artículos que merecen el nombre de astronómica, orográfica é hidrográfica.

Artículo 1.º

Geografía astronómica.

Definicion de la Geografía astronómica.

La Geografía astronómica es aquella parte de la ciencia que trata de la tierra considerada como uno de los cuerpos del sistema planetario solar. Pero á nosotros por lo que toca al objeto que nos proponemos solo nos incumbe conocer la forma, densidad, dimensiones y divisiones del globo.

Forma de la tierra.

La tierra es un planeta de forma esferoidal, achatado en los polos, abultado en el ecuador, que gira sobre su eje en 24 horas, y alrededor del Sol en 365 dias, 5 horas, 48′ 51″ 6‴.

La forma de la tierra es uno de los comprobantes de su orígen flúido.

La forma de la tierra es el mejor comprobante de su orígen flúido ó pastoso. Con efecto, para que la accion de las fuerzas centrípeta y centrífuga diese por resultado esta forma se necesitaba que sus moléculas pudieran moverse libremente; y como las aguas representan menos de la diezmilésima parte de la masa total de las tierras, no pudieron determinar semejante estado, pues para ello se necesitaba que cada litro de agua disolviese 10.000 kilógramos de materia sólida; de consiguiente, solo la elevadísima temperatura, resultado de la atraccion

que unió á sus moléculas en su orígen, pudo reducir la tierra á semejante estado.

Eje y polos.

Las extremidades de la línea imaginaria (eje) que se supone atravesarla pasando por su centro, se llaman polos; el uno perteneciente á nuestro hemisferio, es el *Norte* ó *Boreal*; el otro al opuesto, *Sur* ó *Austral*.

Pruebas del aislamiento y redondez de la tierra.

Hubo un tiempo en que no solo se dudó, sino hasta se negó la redondez de la tierra, creyendo que era perfectamente plana: hoy, empero, son tales las pruebas aducidas para combatir este error, que nadie duda que nuestro planeta sea un cuerpo esferoidal perfectamente aislado en el espacio. Entre estas pruebas las principales son: 1.ª La analogía con los demas astros: 2.ª Los fenómenos celestes y principalmente los eclipses: 3.ª La observacion directa en el mar en donde se nota que los buques no se pierden de vista por la pequeñez, efecto de la distancia, sino que van ocultándose insensiblemente principiando por el casco y concluyendo por los mástiles, prueba de que la superficie que en su marcha recorren no es plana sino curva. 4.ª Los viajes de circumnavegacion que no podrian tener lugar si la tierra fuese plana.

Los diámetros de la tierra no son iguales.

Siendo la tierra un planeta esferoidal achatado en los polos, abultado en el ecuador, resulta que el diámetro que representa su eje no puede ser igual al que pasa por el ecuador; la diferencia entre estas dos líneas representa el aplastamiento. Esta diferencia es de 41.816 metros; cantidad que equivale próximamente á $\frac{1}{305}$ del diámetro de la tierra, segun resulta de los cálculos y observaciones de Huyghens, Newton, Frissi y otros.

El cuadro adjunto pone en claro las diferentes dimensiones del globo, partiendo de este aplastamiento.

Rádio en el ecuador	6.376,851	*méts.*
Idem en el polo	6.355,943	»
Diferencia	20,908	»
Rádio en la latitud de 45°	6.366,407	»
Extension de un grado de latitud	111,115	»
Idem de un grado de longitud en la misma paralela	78,828	»
Idem de un círculo máximo pasando por los polos	39.940,745	»
Superficie total de la tierra en miriámetros cuadrados	1.098,857	
Volúmen en miriámetros cúbicos	1.802.631,000	

Las desigualdades de la superficie de la tierra son insignificantes.

Estos datos sobre ser muy curiosos, hacen apreciar igualmente en su justo valor las desigualdades del globo mismo que, si bien á la simple vista, y refiriéndolas el hombre á sus exíguas proporciones pa-

recen enormes, cuando se comparan con las del globo mismo, son mas insignificantes que las asperezas y desigualdades de la piel de una naranja respecto á su diámetro. Con efecto, admitiendo que la cima del Himalaya, llamada monte Everest ó Gaourichinka, que pasa por la mas alta del globo, tenga 9.000 metros próximamente, y que la mayor profundidad conocida en el Océano sea igual á dicha altura, suposicion bastante gratuita, la suma de estas dos cantidades, 18.000 metros, comparada con el diámetro de la tierra, equivale á su 400 ava parte; proporcion mucho menor que la que existe entre las rugosidades de una naranja comun y su mayor diámetro. La lámina 1.ª del atlas demuestra esto claramente, así como hace ver la proporcion que existe entre la tierra y el sol.

Respècto á las divisiones establecidas en el globo con el objeto de designar el sitio de los puntos mas notables de su superficie, base fundamental de la Geografía física y de los buenos mapas geográficos, se han admitido las establecidas en la esfera celeste, bajo los nombres de ecuador, eclíptica, trópicos, círculos polares, longitud y latitud.

Ecuador. Ecuador es un círculo máximo que corta en ángulo recto el eje de la tierra separando el globo en dos partes iguales llamadas hemisferios, el uno *Norte* ó *Boreal*, el otro *Sur* ó *Austral*.

Eclíptica. La eclíptica es la curva que describe la tierra en su movimiento ánuo, que corta el ecuador en dos puntos opuestos que se llaman *equinocciales* por ser iguales los dias á las noches cuando el sol pasa por el ecuador en dichos puntos. La razon de llamarse eclíptica es porque los eclipses de luna solo tienen lugar cuando el satélite de la tierra pasa por esta curva.

Trópicos. Los trópicos son dos círculos paralelos al ecuador, del cual distan 23° y minutos, que contribuyen con los polares á la division de la superficie del globo en cinco grandes zonas, como vamos á ver.

Latitud. Entiéndese por latitud de un punto del globo la distancia que lo separa del ecuador tomada sobre un círculo que corta á aquel en ángulo recto, círculo que, como veremos, se llama meridiano.

Como el punto de partida para medir la latitud es el ecuador, se deduce que la habrá N. y S., y que el polo de cada hemisferio representa el grado noventa del suyo respectivo.

Longitud. Longitud es el arco del ecuador comprendido entre el meridiano de un lugar cualquiera y el de otro convencional que se toma como punto de partida. Siendo el ecuador un círculo; la longitud podria contarse desde 1 á 360°; pero generalmente se ha convenido en di-

vidirlo en dos mitades, *oriental* y *occidental*, desde el punto de arranque, representando 180° el antípoda ó sea el diametralmente opuesto á aquel de donde suponemos que se ha partido.

Conveniencia de adoptar un meridiano fijo.

Sería muy conveniente para la uniformidad de los cálculos que se fijara un meridiano para poder referir á él todos los grados de longitud oriental ú occidental. Pero á pesar del convencimiento unánime que en esta materia existe, habiendo ya empezado á designar como tal el de la isla de Hierro en las islas Canarias, generalmente cada nacion cuenta la longitud desde el meridiano de la capital, ó de aquel en que reside el principal observatorio astronómico. Tal sucede en España con el de Madrid ó Cádiz, en Francia con el de Paris, en Inglaterra con el de Greenwich junto á Lóndres &c.

Necesidad de la longitud, latitud y altitud para formar los mapas.

Conocidas la longitud, latitud y altitud de un punto cualquiera, queda determinada su verdadera posicion en la superficie del globo; y como los mapas no tienen mas objeto sino el de representar en un plano toda ó parte de la superficie terrestre, se deduce la importancia que para ello tienen estas líneas.

Division de la superficie del globo en regiones.

Los trópicos y los círculos polares dividen la superficie del globo en cinco regiones ó zonas paralelas que se designan con los nombres anotados en la adjunta figura.

Fig. 1.ª

Para terminar las nociones de Geografía astronómica indispensables para nuestro objeto bastará decir algo respecto de la densidad de la tierra.

La densidad de la tierra es cinco veces mayor que la del agua destilada.

Las observaciones directas hechas con el péndulo y la balanza de torsion, apoyadas tambien en el resultado de las operaciones geodésicas han demostrado que la densidad ó peso específico de la tierra es cinco veces mayor que el del agua, tomada por unidad de medida; y como quiera que el de las rocas por término medio es 2,7, claramente se deduce que el peso de la masa interior de la tierra es casi el doble

del de su costra sólida exterior. Esto confirma el principio de Laplace de que el peso específico de la tierra aumenta desde la superficie al centro.

La tierra consta de capas mas y mas densas desde la superficie al fondo.

Que este aumento siga una proporcion constante como pensaba Laplace, ó que á cierta distancia de la superficie se establezca una densidad constante, el resultado es que bajo este punto de vista la tierra puede considerarse formada de una série de capas colocadas alrededor de un núcleo compuesto de las materias mas pesadas. Esta es otra prueba y muy poderosa del orígen flúido ó pastoso de nuestro planeta, pues sin que las moléculas gozaran de cierta libertad de moverse ó de trasladarse, no se comprende este arreglo tan notable que ofrecen en la construccion del globo.

De este dato y del conocimiento de sus dimensiones podemos deducir el peso absoluto del globo, que aproximadamente se calcula en seis trillones de kilógramos.

Conocido, por lo que precede, todo lo relativo á la tierra, considerada como cuerpo sideral ó planetario, estamos ya en el caso de proceder al exámen de las particularidades que ofrece su superficie.

Aspecto que ofrece la tierra mirada á vista de pájaro.

Colocado un observador en la cima de una alta montaña, ó elevándose en un globo á cierta altura, y observando la tierra á vista de pájaro, se le presenta bajo el aspecto de una superficie accidentada por alturas ó rugosidades, que son las montañas ó cordilleras y por cavidades ó depresiones del terreno, que son las llanuras, los valles &c.

Continentes y mares, islas y lagos.

En resúmen, el globo presenta en su superficie grandes porciones de tierra firme mas ó menos irregulares y son los *continentes*, que limitan á su vez y contienen tambien en su mismo seno ciertas depresiones que, ocupadas por las aguas, constituyen los *mares* y *lagos*, en los cuales existen ciertas porciones de tierra firme, que se llaman *islas*.

Continentes y mares, islas y lagos; tal es en conjunto lo que ofrece la superficie de la tierra, de cuyo estudio nos vamos á ocupar. De aquí la division en dos artículos, que serán 2.° y 3.°; aquel destinado á la parte sólida, y se llamará Geografía orográfica; este á la líquida, constituyendo la Geografía hidrográfica.

Artículo 2.°

Geografía orográfica.

Definicion.

El adjetivo *orográfico* que lleva este artículo nos dice claramente que nos vamos á ocupar de la parte de Geografía física que tiene relacion con el elemento sólido de la superficie de la tierra; pues *oros*, raíz griega, significa montaña, y *grafos* descripcion.

Continente.

Por *continentes* se entiende las grandes masas continuas de tierra, cuya superficie media es mas alta que la del mar.

Altura.

La diferencia de nivel entre el mar y un punto cualquiera de los continentes se llama altura; así cuando decimos, por ejemplo, la montaña de Monserrat, en Cataluña, tiene 1222 metros; el pico de Mulahacen, en Sierra Nevada, 3570 metros &c., queremos significar que aquellos puntos están mas altos que el Mediterráneo las cantidades expresadas.

Desproporcion entre continentes y mares.

El primer hecho curioso que ofrece á nuestra consideracion el estudio de la Geografía orográfica es el de la desproporcion que se nota entre los continentes y los mares, la altura media que ofrecen aquellos y la profundidad tambien media del Océano.

Considerados en superficie los continentes ocupan ¼ de la total del globo; los ¾ restantes son mares; es decir, que si se recorta un globo ó planisferio y se colocan sus diferentes porciones en una balanza, un platillo pesará tres veces mas que el otro.

Los continentes pueden colocarse de mil maneras diferentes en el seno de los mares.

Partiendo de este hecho y apreciando la altura media de los continentes, reduciendo sus puntos mas culminantes á 3200 metros, y admitiendo como muy probable esta cantidad como la de la profundidad media de los mares, sacaremos una consecuencia de la mayor importancia, á saber: que suponiendo todos los mares en comunicacion, y formando una sola masa, podrian colocarse perfectamente en su seno todas las tierras en mil combinaciones diferentes. Para persuadirse de esto basta recordar que el Océano Pacífico ocupa tanta ó mayor extension que todos los continentes juntos.

Importancia de este hecho.

La importancia de este hecho consiste en la posibilidad de que las tierras en la dilatada série de vicisitudes de que ha sido teatro el globo en su larga é importante historia física, hayan tenido distintas y variadas posiciones respecto de los mares. La influencia de tan poderosa causa en la distribucion de los climas y consiguientemente en la

de la vida vegetal y animal en cada una de las épocas de su desarrollo es, como veremos en su lugar, muy grande.

Las desigualdades terrestres no han existido siempre.

En la breve reseña de historia física anotada en la introduccion, ya se dijo, que siendo el globo en su orígen una masa de materia incandescente, y resultado su forma de la accion combinada de las fuerzas centrípeta y centrífuga obrando sobre el planeta en estado pastoso, era natural que ofreciese el aspecto de una superficie curva mas ó menos regular. De donde se infiere que las desigualdades que esta superficie ofrece hoy no son originarias en la tierra.

El siguiente cuadro, que representa la altura absoluta de las mas elevadas cimas del globo y su proporcion con el rádio terrestre, confirma lo que antes se dijo, respecto á la insignificancia de estas desigualdades.

Montblanc.....	4.813 *mets.*	$\frac{1}{1330}$	rádio terrestre.
Chimborazo.....	6.534 »	$\frac{1}{973}$	
Nevado de Sorata.....	7.696 »	$\frac{1}{826}$	
Gaourichinka, (*Himalaya*).....	9.000 »	$\frac{1}{813}$	

La forma de los continentes depende de la direccion de sus montañas.

Los continentes ofrecen formas muy variadas, resultado lo mismo que su direccion de la de las cordilleras principales de montañas que los atraviesan. Para convencerse de esto basta echar una ojeada sobre un mapa-mundi orográfico. Sirviendo de límite á los mares es natural que determinen los accidentes que caracterizan á unos y á otros, existiendo entre ellos una recíproca correspondencia. Así es que su número hoy es el de cinco: Europa, Asia, Africa, América y Nueva Holanda, igual al de los Océanos glacial del Norte, glacial del Sur, Atlántico, Pacífico y de la India.

Cinco continentes y otros tantos mares.

Istmo, estrecho ó canal: cabos, promontorios, radas, ensenadas, etc., islas, lagos.

Así como la lengua de tierra que une á dos continentes recibe el nombre de *Istmo*, así tambien la porcion circunscrita de mar que separa á dos continentes contiguos se llama *estrecho* ó *canal*; los *cabos*, *promontorios*, *penínsulas* y demas particularidades que ofrecen los continentes en sus límites naturales corresponden con las *radas*, *ensenadas*, *puertos*, *golfos* &c. de los mares. Por último, en este sistema de armonías y correlaciones todos los accidentes encuentran sus análogos; así es que las *islas* corresponden en los continentes á los *lagos* y *lagunas*.

Los continentes se dividen en regiones altas y bajas.

Para proceder con método en el estudio de las particularidades que ofrecen los continentes, conviene establecer su division en regiones altas y bajas. La línea que se toma como punto de partida es la de 300 metros sobre el nivel del mar, llamando altas á las que sobresalen y bajas á las que no llegan á él.

Regiones altas.

Precisamente el continente europeo nos ofrece un bellísimo ejemplo de esta separacion, limitado hácia el N. el S. y el O. por las cordilleras de Inglaterra, Noruega, Rusia europea, los Alpes y Pirineos con todas sus ramificaciones, presenta en el centro una region baja de grande extension, que empieza en el Norte de Francia, sigue por los Países Bajos, la Silesia, la Polonia, el centro de Alemania y concluye en las famosas Estepas de Rusia hasta la cordillera del Ural.

Montañas y mesetas.

Las regiones altas se subdividen á su vez en montañas y mesetas ó en partes montañosas y planas.

Monte ó montaña: su significado.

El nombre de monte ó montaña se aplica á toda protuberancia ó pliegue de la superficie del globo que sobresale mas ó menos del nivel del mar, ó del plano sobre que descansa.

Su altura varía mucho.

La altura de estas especies de arrugas de la tierra es muy varia, y segun la cantidad que la representa así son tambien las denominaciones que se les da. Cuando llegan ó exceden de 400 metros se llaman propiamente *montañas*; cuando solo se aproximan á los 300 ó 350 *cerros* y *colinas* ó cabezos, cuando su altura es de 150 á 250 metros. Estas denominaciones son, sin embargo, muy vagas, pues sobre que no siempre se lleva el barómetro para medir las alturas, por otro lado, lo que en un país montuoso se considera como colina, para los habitantes de las regiones bajas es una verdadera y aun gran montaña.

Montaña. Cerro. Colina.

Montañas aisladas, agrupadas, y sistemas.

Estas protuberancias de la tierra se presentan aisladas en medio de las llanuras ó mesetas, ó agrupadas y enlazadas con otras formando ó no continuidad, y determinando los accidentes orográficos de la comarca. En el primer caso se llaman *montes* ó *montañas*, en el segundo *cordilleras*, y cuando varias cordilleras siguen una misma direccion media toman el nombre de *sistemas*. Tenemos que examinar, de consiguiente, *montañas*, *cordilleras* y *sistemas*. Todo lo relativo á las primeras debe aplicarse igualmente á los *cerros* y *colinas*, ya que en último resultado todo es cuestion de mas ó menos altura.

Partes de una montaña. Base, falda, laderas y cima.

En toda montaña deben considerarse las partes siguientes: 1.° La *falda* ó *pié* que es el punto por donde empieza á levantarse el terreno que la constituye. 2.° Los *flancos*, *cuestas* ó *laderas* que son los planos inclinados por donde se sube á la parte mas alta, que es la *cima*. Cuando

la pendiente de los flancos de una montaña es casi vertical recibe el nombre de *escarpadura*, *escarpe* ó *escarpa*, y tambien el de *lanchal*, palabra muy comun entre los habitantes de la Sierra Carpentana ó Carpetana. *Base* de una montaña es la seccion horizontal en su pié.

Derrumbadero ó talud.

La falda y gran parte de los flancos de las montañas raras veces pueden estudiarse bien, pues lejos de presentarse como serian en su principio, es decir, francos y bien cortados, se ocultan bajo los materiales que se desprenden de la parte alta y forman un cono que sigue la direccion de la montaña. Este cono de escombros se llama de derrumbamiento, *derrumbadero* y tambien *talud* de las montañas.

Formas que puede afectar la cima de una montaña

La cima ó sea la parte culminante de una montaña puede afectar formas muy variadas, dependientes de la naturaleza de los materiales que entran en su composicion. Esta forma recibe diferentes denominaciones que conviene conocer; llámanse *agujas*, *dientes*, *picos ó cuernos*, cuando son agudas, mas ó menos desprendidas y de aspecto piramidal; Monserrat, en Cataluña; las Agujas de Santa Agueda cerca de Castellon de la Plana y otros son buenos ejemplos de esta forma; *cúpula* cuando se presenta aislada y de forma hemisférica ó redondeada á la manera de media naranja; las montañas de los Vosgos llamadas los *Ballons* por los franceses es el mejor tipo de esta forma: *conos* cuando afectan el aspecto de esta figura geométrica; en general esta forma es propia de las montañas volcánicas modernas, hallándose en ellas truncado el vértice que presenta una cavidad cónica tambien, pero inversa, que se llama *cráter*; *torres ó cilindros*, *en escalinata* cuando afectan formas redondeadas y cortadas trasversalmente, como se ve en todas las montañas basálticas; en Olot y Castellfollit, España, en Auvernia, Francia, y en otras partes hay buenos ejemplos. Cuando terminan por un plano de alguna extension sensiblemente horizontal, se llama *meseta; muela* en Aragon, *mola* en Cataluña y Valencia y *páramo* en Búrgos.

Agujas, dientes ó picos.

Cúpulas.

Conos.

Torres.

Meseta, muela, mola ó páramo.

Relacion entre la forma de las montañas y su composicion.

La relacion que existe entre la naturaleza de los materiales de una montaña y su forma es tan íntima, que con frecuencia el geólogo se vale de esta para conocer aquella, lo cual aunque no siempre de rigor matemático, no deja de ser de grandísima utilidad en la práctica.

En general las montañas volcánicas modernas afectan formas cónicas; las traquíticas ó compuestas de materiales volcánicos llamados *traquita* y *domita* ofrecen el aspecto de cúpulas ó conos; las basálticas se presentan en forma de torres, cilindros ó escaleras; las graníticas suelen presentarse en agujas ó pirámides, y tambien de formas

redondeadas, efecto de la descomposicion de sus materiales; las de naturaleza caliza ofrecen frecuentemente la cima cortada en meseta &c.

La mayor parte de estas consideraciones relativas á las montañas son igualmente aplicables á las diferentes agrupaciones que distinguimos con los nombres de *cordilleras*, *grupos* y *sistemas*. Sin embargo, en las cordilleras sobre que varía el nombre de muchas de las partes que son comunes con aquellas, existen otras que conviene conocer. Así se

Eje de las cordilleras.

llama *eje* á una línea que se supone seguir la direccion de la cordillera misma en su parte central; línea que muchas veces, lejos de ser imaginaria, tiene una existencia real representada por la hendidura que dió salida á los materiales procedentes del interior de la tierra, y que con su aparicion determinaron la formacion de la cordillera.

Ramales.

A derecha é izquierda de esta línea, que suele llamarse de *levantamiento* por estar marcada con frecuencia por los materiales que con su aparicion levantaron ó dislocaron el terreno, se encuentran lo que se llaman *ramales*, que son montañas de un órden inferior á la del eje, compuestas generalmente de capas levantadas hácia este. En Astúrias los llaman *cordales*.

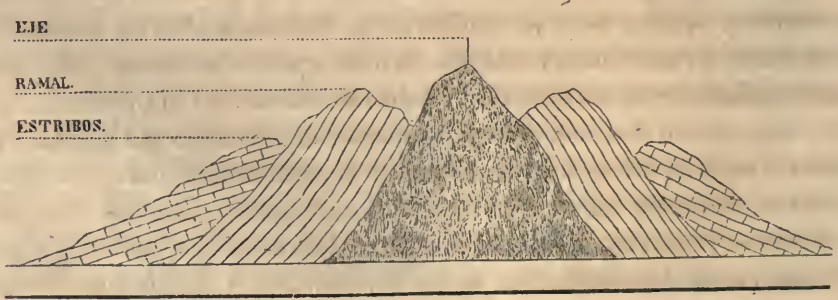
Estribos ó machones.

Los ramales se subdividen á su vez en otros de órden inferior en elevacion y se llaman *estribos* ó *machones*; por último, á medida que nos alejamos trasversalmente del eje las capas se hacen mas y mas horizontales, hasta que terminan y desaparecen en la llanura.

Estructura de una cordillera.

De modo que una cordillera se compone de una série de montañas que siguen y representan la direccion de su eje, y que, por ser mas elevadas, constituyen la cumbre, vértice ó cima; de otras de segundo órden, generalmente paralelas al eje, con las capas levantadas hácia este, y son los ramales; y por último, de machones y estribos, verdaderas dependencias de estos, de los que tan solo los separa alguna depresion, que se llama *valle*. La presente figura ilustrará perfectamente este asunto.

Fig. 2.ª



Mesetas en las cordilleras.

Con frecuencia las cordilleras, lejos de presentar puntas, picos ó agujas, terminan en una superficie plana, á veces de grande extension; en este caso, la cima recibe el nombre de *meseta*. La llanura sobre que está situada la famosa ciudad de Quito, en América, es una gran meseta de los Andes, á 3,000 metros de altura; Madrid está igualmente situado sobre otra, á 655, colocada á su vez sobre la de la Mancha.

Cuanto mas elevada es la cordillera, tanto mas irregular es.

La regularidad de las cordilleras está en razon inversa de la elevacion, recibiendo su vértice, cima ó cumbre las mismas denominaciones respecto á la forma que la de las montañas.

Vertientes.

Los flancos ó partes laterales de las cordilleras reciben el nombre de *vertientes*, por terminar en el punto donde se separan las aguas (*divortia aquarum* de los antiguos).

Las dos vertientes no suelen presentar igual inclinacion.

En tésis general puede decirse que nunca tienen las dos vertientes de una cordillera la misma inclinacion. Esto se comprende perfectamente atendida la disposicion particular de los materiales que componen las montañas; pues formadas, por lo comun, de capas, la pendiente mas rápida será aquella en que su inclinacion lo sea tambien, ó en que, interrumpida la continuidad de las capas, estas se presenten como cortadas y formando escarpes. En los ramales y estribos, la pendiente, por regla general, es mas rápida en el lado que mira hácia el eje de la cordillera que en el opuesto.

En los ramales y estribos, la vertiente es mas rápida del lado del eje.

En las montañas formadas de capas de tierra ó piedra, la inclinacion es menor en la vertiente hácia la cual buzan ó se pierden aquellas.

Aplicacion de estos datos.

Algunos geólogos experimentados, llevando á la práctica estos datos, establecen, como principio general, que la vertiente cuya inclinacion es de 8°, permite la subida á los carruajes; hasta 15°, es fácil el tránsito de caballerías de carga; la que ofrece 30 y 35° requiere ya el auxilio de escaleras; y por último, á los 45° se hace completamente inaccesible. En los Pirineos, por término medio, la inclinacion de las vertientes septentrionales es de 3° á 4°, así como la de las meridionales de los Alpes es de 3° y ¾.

No todas las cordilleras presentan dos vertientes.

No es esencial en una cordillera la existencia de dos vertientes: á menudo se observa que las que terminan por una meseta, si esta es muy grande, lejos de ofrecerla en aquella direccion, da, por el contrario, orígen á otras cordilleras ó montañas. El centro de nuestra Península nos ofrece magníficos ejemplos de todo esto.

Grupos de montañas.

Las montañas no siempre se hallan ordenadas á un eje, constituyendo los accidentes que acabamos de examinar en las cordilleras; otras se presentan tambien como agrupadas alrededor de un punto, que

suele ser la cima ó cumbre, desde el cual se extienden y bifurcan, á la manera de rádios, los estribos ó machones, constituyendo lo que se llaman *grupos de montañas*, cuya disposicion y circunstancias particulares deben ser distintas de las de las cordilleras. Tambien los grupos ofrecen mesetas en la cumbre.

Altas cumbres y pasajes, gargantas y puertos.

La cima de las cordilleras, esa línea que, en la mayoría de los casos, es la verdadera divisoria de las aguas, tan pronto se eleva en unos puntos, perdiéndose en las regiones de la atmósfera, dando lugar á las *altas cumbres*, como baja y se deprime, constituyendo en otros el paso ó comunicacion entre las dos vertientes y sus valles, formando lo que se llaman *gargantas*, *puertos*, *desfiladeros* &c.

Desfiladeros.

En las diferentes cordilleras, estos accidentes reciben nombres diversos, aunque su naturaleza no varía. Solo los *desfiladeros* se distinguen en que, en general, ocupan la parte baja de la cordillera; suelen ser muy estrechos, y se hallan al parecer, como encerrados entre dos montes mas ó menos elevados. Algunos de ellos se han hecho célebres en la Historia, como, el de las Termópilas, en el que, á beneficio de su situacion topográfica, un puñado de valientes Espartanos se opuso vigorosamente al paso del orgulloso Jerges.

La direccion de las cordilleras no es casual.

Las cordilleras son, en su mayor número, segun lo expuesto anteriormente, pliegues ó arrugas de la costra sólida del globo, efecto del enfriamiento de su masa pastosa y de la reaccion del calor central. Su direccion debe ser de consiguiente, la que le marquen las leyes del enfriamiento, aplicadas á un cuerpo regular é igual en todas las producidas por un mismo levantamiento. El conjunto de cordilleras que siguen una misma direccion media, recibe el nombre de *sistema de montañas*.

Sistemas de montañas.

Los terrenos alterados por un mismo sistema pertenecen á la misma época.

Esta consideracion, tan insignificante á primera vista, es de la mayor importancia; pues como la materia que, con su aparicion, formó el eje de las cordilleras, alteró al propio tiempo la disposicion normal de las capas de los terrenos, todos los alterados por un sistema deberán pertenecer á una misma época, con lo cual se tiene un excelente dato para conocer la historia de la tierra. En el artículo *Estratigrafía* daremos mas detalles acerca de este punto, que puede considerarse como el mas vital en el estudio de la Geología.

De lo dicho se infiere que todo sistema de montañas se compone de un eje, que representa la línea de fractura del globo por donde salió la materia que le dió orígen, y de elementos, ó sean cordilleras, que siguen la misma direccion.

Un punto hay en los sistemas, y es aquel en que se reunen dos ó mas, cuyo estudio es de la mayor importancia, al par que muy difícil su estudio, pues se comprende que allí ha de haber entrecruzamiento y confusion de rumbo y de elementos diversos. Este punto se llama *nudo* de los sistemas; siendo tal el desórden que, al parecer, reina en él, que á primera vista puede hacer dudar de la regularidad y armonía de las líneas que allí se reunen. Desde este punto, centro de diversos sistemas, parten ciertas depresiones ó valles que, siguiendo la direccion de las cordilleras, dan curso á los grandes rios. Los del Danubio, Rhin, Ródano &c., procedentes todos del gran sistema de los Alpes centrales, son los mejores ejemplos que pueden citarse en Europa.

Nudo ó entrecruzamiento de dos ó mas sistemas.

Sin entrar por ahora en mayores detalles acerca de tan importante materia, terminará el artículo de las regiones altas con la enumeracion de los veintiun sistemas de montañas admitidos hoy dia en la ciencia, con la direccion media de cada uno tomada de la localidad que da el nombre al sistema.

1.°	De la Vendée	N. N. O. á S. S. E.
2.°	De Finisterre	E. 21°. 45′. N.
3.°	De Longmynd. (Ingl.)	N. 25°. E.
4.°	De Morbihan	E. 38°. 15′. S.
5.°	De Westmoreland	E. 31°. 30′. N.
6.°	De los Vosgos	O. 16°. N.
7.°	Del Forez	N. 15°. O.
8.°	Norte de Inglaterra	N. 5.° O.
9.°	De los Países Bajos	E. 5°. N.
10.°	Del Rhin	N. 21°. E.
11.°	De Thüringerwald	O. 39°. N.
12.°	De Monte Pilas	E. 40°. N.
13.°	De Vercors. (Delfinado.)	N. 8°. E.
14.°	De Monte Viso	N. 22°. 30′. O.
15.°	De los Pirineos	O. 18°. N.
16.°	De Córcega y Cerdeña	N. S.
17.°	De la isla de Wight	O. 4°. 50′. N.
18.°	Del Sancerroy	E. 26°. N.
19.°	De los Alpes Occidentales	N. 26°. E.
20.°	De los Alpes principales	O. 11°. 15′. S.
21.°	De Tenare, Etna y Vesubio	N. 26°. 15.

Al establecer la division de los continentes en regiones altas y ba- Regiones bajas.

jas, dijimos que se tomaba como punto de partida el nivel ó altura de 300 metros, considerando como bajas aquellas que no llegan, así como las altas son las que sobresalen de dicho nivel.

Llanuras. Concavidades. Generalmente hablando, las regiones bajas reciben el nombre de *llanuras* cuando se hallan sobre el nivel del mar; y el de *concavidades* cuando están mas bajas que este. Las regiones altas tambien ofrecen grandes extensiones de tierra plana ó llanuras, pero se distinguen de las verdaderas con el nombre de *mesetas*. Así es que, por ejemplo, la vasta extension de tierras bajas que desde las cuestas de Oropesa hasta el Cabo de San Antonio, se hallan á escasa altura sobre el Mediterráneo, constituyen una *llanura* en el antiguo reino de Valencia; mientras que la tierra dicha de Campos y la Mancha, son dos verdaderas mesetas.

Muchas veces se confunde la denominacion de llanura con la de valle principal; así es que tan pronto se llama llanura de la Lombardía, como gran valle del Pó y del Ticino; siendo ambos una misma cosa.

Las llanuras ofrecen circunstancias particulares que les imprimen un sello especial, mereciendo en consecuencia denominaciones propias que varian en los diferentes países.

Desiertos en Asia y Africa. En el centro del Ásia y África se notan regiones inmensas cubiertas de arenas movedizas que suelen agitarse como las olas del Océano á impulsos del viento; terreno estéril y privado de vegetacion. Estas llanuras áridas y tristes reciben el nombre de *desiertos*.

Oasis. De trecho en trecho la naturaleza previsora y benéfica, ha querido interrumpir la monotonía y esterilidad del desierto con algunos centros de verdura, gracias á la existencia de algun manantial que convierte un pedazo de terreno en un rico y orgulloso vergel, en donde el errante viajero descansa y repara las fuerzas consumidas en su larga peregrinacion. Estos puntos de vegetacion y frescura en medio del desierto se llaman *Oasis*.

Estepas en Rusia. Pampas en América. Landas en Francia. En otras regiones del globo se ven igualmente grandes porciones de tierras bajas incultas ó cubiertas de una vegetacion escasa, sin llegar á ofrecer la esterilidad de los desiertos. Segun los puntos en que se observan, han recibido diferentes nombres; en Rusia *estepas;* en América *pampas;* y en Francia *landas*. Cuando estas últimas, se hallan inmediatas á las costas, los vientos constantes ó regulares suelen levantar torbellinos de arena, que depositada primero en la orilla del mar y despues hácia el interior, forman colinas redondeadas que se lla-

man *médanos* ó *dúnas*, azote terrible que con su marcha invasora acaba con toda la vegetacion, si el hombre previsor no consigue contener las arenas por medio de plantaciones á propósito. Médanos ó dunas.

Generalmente hablando las *landas* no ocupan tanto terreno como las *estepas* y las *pampas*, así como estas no suelen llegar á la inmensidad de los desiertos.

Fig. 3.ª

Depresiones continentales.

Los continentes ofrecen entre las tierras bajas algunas regiones cuyo nivel es inferior al de los mares inmédiatos; esto es lo que se conoce con el nombre de *depresiones continentales*, de las que el Asia ofrece ejemplos muy curiosos. La gran concavidad ó depresion del Turkestan limitada por la cordillera del Ural y del Cáucaso hácia el N. y O. y por las montañas del Celeste Imperio al E., region en la que se hallan los grandes lagos Caspio y Aral, pertenece á esta clase de accidentes, siendo el nivel del Caspio 18 metros y una fraccion inferior al del mar Negro. Otras regiones bajas se notan en el mismo antiguo continente, cuyo nivel es inferior al del mar; pero la mas extraordinaria de todas es la que ofrece el mar Muerto, en el que se precipita el rio Jordan, pues segun todos los cálculos y observaciones barométricas, su nivel es 427 metros inferior al del Mediterráneo. El adjunto cróquis da una idea clara de todos los accidentes que rodean á esta extraordinaria concavidad del continente asiático.

Las regiones altas lo mismo que las bajas nunca se presentan tal como teóricamente las hemos considerado; es decir, lisas y uniformes; sino que se las ve interrumpidas por depresiones ó especies de surcos mas ó menos profundos que imprimen un carácter particular á los continentes.

Valles.

Llámanse valles á estas depresiones ó surcos generalmente situados entre dos colinas ó montañas que sirven para el curso de las aguas. Tambien suele darse el nombre de valle á toda la comarca plana ó montañosa atravesada por algun rio principal.

Cuando al lado de un valle grande existen otros de menor importancia, se dice valle pequeño, vallecito, barranco, cañada, arroyo &c.

Partes que hay que considerar en los valles.

En todo valle hay que considerar las *laderas*, *orillas* ó *bordes* y el sitio por donde corre ó debe correr el agua que se llama *álveo*. Este puede ser ancho y poco profundo como sucede en las regiones bajas ó llanas; ó bien estrecho representado por la interseccion de las laderas; la línea media ó eje de un valle ha recibido el nombre de *thalweg*, voz alemana que significa *camino del valle*.

Valles principales.

Estos reciben diferentes denominaciones, segun las circunstancias que los determinan. Llámanse *principales* los que sirven de *álveo* á un gran rio, ó los que con los afluentes representan el tronco de un árbol y aun mejor de una vena con sus ramificaciones. A veces se los designa con el nombre genérico de *cuenca*, añadiéndoles el epíteto de *hidrográfica* cuando comprende tambien las tierras bañadas por el rio y por todos sus tributarios hasta la desembocadura en el mar. De modo, que la palabra valle principal, siendo sinónima de la de *cuenca*, tiene un doble significado orográfico é hidrográfico. La Península ofrece una porcion de ejemplos de estas cuencas ó valles principales, como las del Ebro, Tajo, Guadalquivir &c.

Cuenca ó valle principal.

Valles longitudinales y trasversales: circunstancias que los distinguen.

Segun la direccion que llevan respecto á la cordillera de que proceden los valles, se llaman *longitudinales*, cuando corren en el mismo sentido que esta; y *trasversales* cuando la cortan en ángulo mas ó menos abierto. Los trasversales proceden de la cima ó cumbre de la cordillera, desde la cual irradian en diferentes sentidos, ó bien la atraviesan, sea en el eje ó en alguno de sus estribos. Los longitudinales arrancan por lo regular de uno de los extremos del eje y reciben en su curso á los trasversales. La Suiza es el país clásico de todos estos accidentes orográficos.

Además de la direccion, hay otras circunstancias que distinguen á unos valles de otros: la naturaleza, por ejemplo, y la disposicion de los materiales es diferente en ambas laderas en los longitudinales; mientras que en los trasversales es idéntica ó tan parecida, que hasta en los repliegues que forman en su curso se corresponden los ángulos salientes de una ladera con los entrantes de la opuesta.

La anchura de las longitudes es uniforme.

Los valles longitudinales suelen conservar la misma anchura y capacidad en casi todo su curso; mientras que los trasversales, y en especial los que proceden por irradiacion de la cumbre de la cordillera, se ensanchan mas y mas á medida que se alejan de su orígen. Aquellos en general son bastante anchos; llegando estos por el contrario, á estrechar tanto, que se convierten en desfiladeros ó gargantas.

Circulares ó en anfiteatro.

Algunas veces los valles empiezan por una especie de anfiteatro que recuerda la forma de los teatros antiguos; entonces se les aplica el nombre de *circo*, valles *circulares* ó en *anfiteatro*; el Val de Anzasca que arranca de Monte Rosa en los Alpes, los de Pau y Gavarni en los Pirineos son buenos ejemplos de estos accidentes.

Valle de denudacion.

Valle de *denudacion* es el producido por el desgaste y trasporte de los materiales que antes ocupaban el sitio de aquel; accion determinada por las aguas corriéntes, y de la que los alrededores de Madrid y aun la capital misma, pueden presentarse como modelo.

Valles de elevacion.

Valles de *elevacion*, por el contrario, son los formados por una accion interior antagonista de la del agua; en ellos el surco ó depresion la constituyen las capas levantadas del terreno. De aquí un medio muy sencillo para distinguir estas dos especies de valles; en los de *denudacion* no hay mas que materia desalojada; mientras que en los de *elevacion* por necesidad ha de haber alteracion y desórden en las paredes ó laderas.

Valles uniformes é irregulares.

Los valles generalmente ensanchan á medida que se alejan del orígen; esta dilatacion se verifica unas veces de un modo regular y constante; otras por el contrario, por estrecheces y ensanchamientos sucesivos, comunicándoles el aspecto de una série de pequeñas cuencas puestas en comunicacion por desfiladeros ó gargantas trasversales. En el valle del Ródano en los Alpes, se repite este accidente lo menos cinco ó seis veces.

Hendiduras, grietas, pozos naturales.

Cuando las depresiones ó surcos de la parte sólida del globo no son bastante anchos para merecer el nombre de *cuencas*, valles ó desfiladeros, reciben las denominaciones de *hendiduras*, *grietas*, *rajas* &c., que imitan á las que vemos formarse en los cuerpos tenaces al tiempo de desecarse ó enfriarse. Cuando la forma de estas cavidades es circular ó elíptica y alcanzan gran profundidad, se llaman *pozos naturales* ó *simas*; en la provincia de Jaen reciben el nombre de *Torcas* y llaman *Torcal* al punto en que abundan.

La distinta configuracion y la variedad de circunstancias que ofrecen las diferentes depresiones que acabamos de mencionar, nos inducen á

La causa que ha originado los valles es distinta en cada uno de ellos.

creer que la causa que las ha originado no es la misma. Así es que en general los valles longitudinales deben su existencia al levantamiento de las cordilleras; los que recorren vastas llanuras suelen ser antiguos lagos desecados; los trasversales han sido producidos por levantamientos y dislocaciones bruscas del suelo, ó por repentinos desbordamientos de los lagos. La accion continua y destructora de las aguas, produce los de erosion ó denudacion; y en cuanto á los de levantamiento el nombre que llevan nos revela la causa de su orígen.

Esto basta á nuestro propósito respecto á la Geografía orográfica; pasemos á tratar de la hidrográfica, con lo cual terminará el capítulo que ofrecimos dedicar al estudio de la parte exterior ó superficie de nuestro planeta.

Artículo 3.º

Geografía hidrográfica.

Esta parte de la Geografía física lleva por objeto todo lo relativo á las aguas que ocupan la superficie terrestre.

El agua se compone de oxígeno é hidrógeno.

El agua, considerada antiguamente como uno de los cuatro elementos, es un compuesto de hidrógeno y oxígeno en razon de dos volúmenes de aquel por uno de este. Puede presentarse en la superficie de la tierra bajo tres estados, sólido, líquido y gaseoso; dando lugar en el primer caso á los hielos y nieves; en el segundo, á los mares, lagos, estanques, fuentes, rios &c.; y en el tercero se encuentra en la atmósfera y determina las nieblas, las nubes, el rocío y otros metéoros.

Tres son los estados en que se puede presentar: sólido, líquido y gaseoso.

Agua sólida.

El agua en estado sólido se presenta en la superficie de la tierra permanente ó temporal y transitoria, efecto de muchas y variadas causas.

Hielo y nieve.

Sea permanente ó pasajera el agua sólida se presenta de dos modos muy distintos que son *hielo* y *nieve*. El primero depende del enfriamiento del agua en la superficie de la tierra; el segundo de una cristalizacion en las altas regiones de la atmósfera del agua que esta lleva en estado de vapor.

Las nieves eternas y los mares de hielo constituyen el estado sólido permanente de las aguas; mientras que las nieves y los hielos que desaparecen durante el verano, representan el transitorio ó pasajero.

De lo dicho se desprende, que la condicion que determina el carácter constante ó temporal del agua sólida es la temperatura. Así es

que en aquellos puntos en que esta se mantiene constantemente á 0°, ó á bajo 0°, los hielos y las nieves se conservan siempre acumulándose por capas las de los años sucesivos. La latitud, ó sea la distancia al Ecuador, y la elevacion sobre el nivel del mar, determinan por regla general la temperatura de la superficie del globo, siendo tanto mas baja cuanto mas se aproxima á los polos, ó cuanto mas se eleva sobre el nivel del mar. De aquí el que mientras en las regiones intertropicales, el estado sólido de las aguas solo se nota en las mas altas cimas; por el contrario, en las comarcas polares, el mar se encuentra constantemente en estado de hielo. De donde se deduce el gran principio de física terrestre « que la altura suple ó compensa la latitud en lo relativo á temperatura.»

La altura compensa á la latitud.

Las nieves perpétuas se presentan ó como agua pulverulenta amontonada y sin coherencia alguna, como sucede en los trópicos en sus mas elevadas cimas, ó en masas inmensas compactas que ocupan los altos valles de las regiones montañosas. En el artículo correspondiente de causas actuales daremos mas detalles sobre la materia.

Nieves perpétuas, ventisqueros.

Los hielos perpétuos constituyen una especie de calota ó solideo que ocupa el espacio comprendido entre los polos y su círculo correspondiente avanzando á veces hasta latitudes mas bajas. Esto es lo que se llama por otro nombre mares ú Océanos glaciales. En la época del deshielo se desprenden de estos mares congelados masas enormes de hielo que constituyen las balsas flotantes que recorren el Océano y son el azote de los navegantes.

Una porcion de circunstancias contribuyen á que el espacio que ocupan las nieves varíe en las montañas; llamándose nivel ó límite de las nieves perpétuas la línea mas ó menos irregular que marca en cada hemisferio la altura en la que el agua conserva el estado sólido. Este límite varía segun la latitud; en la costa de Noruega desciende hasta los 714 metros, mientras en el Himalaya á los 30° de latitud N. llega á 5,000. (*Véase la lámina 2.ª del atlas.*)

Límite de las nieves perpétuas.

Islandia, 714 metros.

Himalaya, 5,000.

Con respecto al límite de los hielos polares, solo puede decirse en tésis general, que los del hemisferio S. bajan hasta el 60° de latitud, y los del N. no pasan generalmente del 80°.

En cuanto á los hielos y á las nieves temporales, su importancia en la física del globo es tan escasa, que no merece detenerse en el exámen de ninguna de sus particularidades.

Las aguas en estado líquido se presentan ó en inmensos receptáculos limitados por los continentes, ú ocupando pequeñas cavidades en

Mares, lagos, estanques, ríos &c.

el interior de estos mismos. Las primeras dan lugar á los mares; las segundas forman los lagos, estanques, almarjales, fuentes, rios, arroyos, cañadas, segun que se hallan en estado de quietud ó en movimiento.

Mares grandes ú Océanos.

Los mares, considerados en su acepcion mas lata, se llaman *Océanos*, distinguiéndose entre sí por medio de epítetos particulares.

Mares interiores ó Mediterráneos.

Cuando el Océano entra por un estrecho en alguna de las grandes depresiones terrestres, las aguas reciben el nombre de *mares interiores*, como el Mediterráneo, el Báltico, el mar de las Antillas occidentales ó de Méjico &c.

Golfo, ensenada ó ansa.

Los Océanos, lo mismo que los mares interiores, suelen penetrar tambien en los continentes, llamándose *golfo*, *ansa* y *ensenada*, los accidentes á que dan lugar; denominaciones de un valor relativo demasiado vago para que nos detengamos en definir. Pero aunque el sentido de estas expresiones no sea rigoroso, sin embargo, por regla general y partiendo del Océano que es el verdadero mar, se llama *Mediterráneo* á las mayores depresiones y entradas en los continentes, comunicando con aquel; á las que le siguen en importancia se les designa con el nombre de *golfos*, como los de Lion, Valencia; por último, *bahía*, *ansa* y *ensenada*, son accidentes de la misma índole, pero que van disminuyendo en extension é importancia.

Radas, puertos.

Llámanse *radas* los puntos en donde los buques hallan un abrigo en las tempestades; y *puertos* aquellos que ofrecen ventajas naturales ó artificiales para el tráfico marítimo.

Estrecho ó canal.

El punto de comunicacion entre dos Océanos ó entre estos y algun mar interior, se llama *canal*, *estrecho*, *brazo de mar &c.*

Despues de la enumeracion de todos estos accidentes, cuyo verdadero valor es difícil de fijar, será conveniente ver el cuadro de los mares principales atendida su importancia en la constitucion del globo. Aunque en rigor puede decirse que todos los mares se reducen al *grande Océano*, del cual deben considerarse los demas como simples dependencias, el uso ha admitido para facilitar el estudio la division en cinco Océanos y cuarenta y siete mares. Hé aquí el órden con que se estudian:

Primero. *Océano Glacial-ártico.*—Se extiende desde el círculo polar hasta el polo N.; sus límites son Europa, Asia y América: de este mar dependen:

1.°	El mar Blanco.....	Golfo de Obi.
2.°	El de Kara.....	Idem de Iniseï.
3.°	El de Kalgouef.....	Mar Polar.

4.° El de Siberia..... { Golfo de Baffin. / Idem Cristian ó canal Fox. / Idem de Hudson.

Segundo. *Océano Atlántico.*=Situado entre Europa, Africa y América, desde el círculo polar N. hasta el cabo de Hornos: se divide en tres porciones, llamadas *boreal, equinoccial y austral*, segun su posicion, extendiéndose el primero desde el círculo polar hasta el Trópico de Cáncer; el segundo entre este y el de Capricornio, y el tercero hasta el Cabo de Hornos. Este Océano ofrece las ramificaciones siguientes:

1.° Mar del Norte..... { Golfo de Kattegat. / Zuiderzee.

2.° Mar Báltico..... { Golfo de Finlandia. / Idem de Botnia. / Idem de Livonia.

3.° Mar de Inlanda.

4.° Golfo de Gascuña.

5.° Mediterráneo..... { Golfo de Génova. / Mar Tirreno ó de Sicilia. / Idem Jónico. / Idem Adriático. / Golfo de Taranto. / Mar de Candia. / Archipiélago griego. / Mar de Mármara. / Idem Negro y de Azof.

6.° Golfo de Guinea.

7.° Mediterráneo de la Columbia..... { Mar de las Antillas. / Golfo de Méjico. / Idem de Honduras. / Idem de Darien.

8.° Mar de los Esquimales.

9.° Idem de la Groenlandia.

Tercero. *Océano Índico.*—Limitado al N. por el Ásia, al O. por el Africa y al E. por la península de Malaca, islas de la Sonda y la Nueva Holanda. De este mar dependen:

1.° El mar de Oman..... { Golfo de Aden. / Mar Rojo. / Golfo Pérsico.

2.° El de Bengala..... { Idem de Martaban. / Mar de Nicobar.

Cuarto. *Océano Pacífico.*—Se extiende desde el círculo polar N. al del S., limitado por el Ásia, islas de la Sonda y Nueva Holanda por un lado, y por otro por las dos Américas. Este es el verdadero y único mar que con sus aguas circunda el mundo entero, comunicando por el Cabo de Hornos con el Atlántico, y por las islas de la Sonda y la Nueva Holanda con el de la India. Se divide, como aquel, en tres porciones, boreal, equinoccial y austral, y sus dependencias son las siguientes:

1.° Mar de Bering.
2.° Idem de Okhotsk.
3.° Idem del Japon.
4.° Mar Azul..... Mar amarillo. Idem de Pekin. Idem de Liao-Tong.
5.° Mar de China..... Golfo de Tong-King. Idem de Siam.
6.° Mar de Mindoro.
7.° Idem de Célebes.
8.° Idem de Java.
9.° Idem de la Sonda.
10. Idem de las Molucas.
11. Idem Carpentaria.
12. Idem del Coral.
13. Idem de la Australia.
14. Idem de la California ó de Cortés.
15. Golfo de Panamá.

Quinto. *Océano Glacial-austral ó del Sud.*—Se extiende desde el polo boreal hasta el círculo polar de este nombre. El menos conocido de todos, por las grandes dificultades que ofrecen los témpanos de hielo á la navegacion: permanece indiviso, por sernos desconocidas las tierras que en él puedan hallarse.

Aguas estancadas y corrientes.

Las aguas que ocupan el interior de los continentes, se hallan tranquilas ó corrientes; en el primer caso dan lugar á los *lagos, estanques, almarjales;* en el segundo á las *fuentes, arroyos, cañadas y rios.*

Cuando las aguas que ocupan una depresion están mas ó menos tranquilas, si el receptáculo que las contiene es natural, se llama *lago*, y *estanque*, por el contrario, si es artificial. La quietud ó estancamiento de las aguas no es absoluta, sino que muchas veces corren aun dentro de los lagos mismos; y segun las circunstancias de este movimiento de las aguas, los lagos se dividen en cuatro clases, á saber:

1.ª Los que aparentemente ni reciben ni dan aguas corrientes; ejemplo: el de Albano, cerca de Roma, es un antiguo cráter volcánico.

2.ª Los que, sin recibir afluentes exteriores, dan márgen á algun rio: como ejemplo citaremos el de Monterotondo en Córcega y el de Manassarowar en el Tibet, de donde sale el Sutledji, uno de los principales afluentes del Indo. En general, estos lagos ocupan la cima de las grandes cordilleras.

3.ª Los que reciben y dan aguas corrientes; verdaderos receptáculos en donde aquellas se purifican. A esta clase pertenecen los de Ginebra, Costanza, Lago Mayor, y casi todos los de la Suiza, Piamonte y Lombardía.

4.ª Los que reciben y no dan aguas corrientes: el mar Muerto, el de Aral, el Cáspio y otros que, por su extension y por la circunstancia de ser saladas sus aguas, los considera el vulgo como mares sin serlo.

Penilagos.

Además de estas cuatro clases, hay ciertos lagos que comunican, por un estrecho natural ó artificial, con el mar: esta especie la designa Huot con el nombre de *penilagos*, por la analogía que ofrecen con lo que se llama *península* en los continentes. El de Maracaibo en la Columbia, y la Albufera de Valencia, son buenos ejemplos de *penilagos;* natural el primero, artificial el segundo.

Pantanos y almarjales.

Pantanos y *almarjales* son los sitios bajos y llanos en los que las aguas se estancan, en cuyo lecho, crecen yerbas que toman á veces tal incremento, que llegan á cubrir toda la superficie hasta tapar las aguas. En algunos puntos estos *almarjales* reciben nombres particulares, como el de *polder* en Holanda.

Pólders.

En varios puntos del globo, entre los que debe citarse la América del Sur, se ven ciertas regiones en que las aguas son estacionales, permaneciendo en forma de lagos solo por un espacio de tiempo, ó en determinadas épocas del año. Estos lagos se llaman *accidentales* ó *intermitentes*, y son causa de confusion cuando se comparan los mapas de aquellas regiones, pues en unos se indican, y en otros no. El llamado *Jarayes*, entre el rio Paraguay, y el de Cubaya y el de junto á la ciudad de Pária, en el Alto Perú, pertenecen á esta clase de lagos, á los cuales podrian en rigor referirse igualmente gran parte de las famosas *sabanas* y *pampas* de Buenos Aires.

Aguas corrientes, permanentes y temporales.

Las aguas corrientes pueden dividirse en *permanentes* y *temporales;* el punto por donde aparecen á la superficie de la tierra se llama *manantial* ó *fuente;* y la depresion ó surco que se trazan y siguen en su cur-

so se conoce con los nombres de *cañada*, *torrente*, *arroyo* y *rio*; denominaciones cuyo valor no puede fijarse de un modo exacto.

Fuentes perennes é intermitentes.

Hay fuentes *perennes;* otras son temporales, dejando de fluir las aguas por algun tiempo. A veces, los intervalos que separan su aparicion son irregulares; otras, por el contrario, fijos, y en este caso las fuentes se llaman *intermitentes.*

Fuentes minerales y termales, templadas y frias.

Segun la temperatura y la naturaleza de las aguas, reciben diferentes denominaciones: llámanse *minerales* cuando contienen en cantidad notable algun principio mineral; y *termales*, *templadas* ó *frias*, segun la temperatura que ofrecen.

El grado de calor que se toma por punto de partida para estas expresiones, es el del ambiente exterior del punto en donde se encuentran; de modo que será *templada* cuando su temperatura es igual á la media de la atmósfera; *termal* cuando es superior, y *fria* cuando, por el contrario, es inferior á la de dicho punto.

Aguas temporales ó accidentales.

Las aguas *temporales* ó *accidentales* son las procedentes de grandes lluvias; se las conoce tambien con el nombre de aguas naturales ó vivas que, cuando se acumulan en gran cantidad en puntos pendientes y escabrosos, dan lugar á los *torrentes*, cuyas avenidas suelen ser tan fatales y destructoras.

De todos modos, sean accidentales ó permanentes, las aguas, en su curso natural hácia los mares, su verdadero centro, dan lugar á una porcion de accidentes importantes. Y para que se comprenda bien la materia, será conveniente tomar por tipo un gran rio; pues desde su orígen hasta la desembocadura en el mar presentará á nuestra consideracion el cuadro completo de fenómenos que conviene conocer.

Los grandes rios nacen de las faldas de los montes, sea de manantiales ó del deshielo de las nieves.

Generalmente los grandes rios empiezan en las faldas de las cordilleras, por manantiales, ó proceden del deshielo de nieves perpétuas. La mayor parte de los de los Alpes nacen de los ventisqueros.

Las aguas siguen la pendiente que les ofrece el terreno, y por lo comun el valle desde su orígen, constituyendo la arteria ó rio principal. Pero este, no solo se alimenta de las aguas de su nacimiento, sino tambien de todas las que, procedentes de los valles trasversales, desembocan en él. Los arroyos, cañadas, torrentes, y á veces hasta los rios notables que, al mezclar sus aguas con el principal, pierden su nombre, reciben el de *confluentes* ó *afluentes*, y el punto por donde lo verifican se llama *confluencia.* Los bordes naturales de los rios se llaman *orillas* ó *riberas*, derecha é izquierda, siguiendo el curso del agua, y *malecones* cuando son artificiales. Por último, llámase *desembocadura* el punto en

Confluentes ó afluentes.—Confluencia.

Orillas ó riberas y malecones.

Desembocadura.

que un rio termina en el mar ó en algun lago, por un solo conducto. ó bien separándose en varios brazos, que reciben tambien el nombre de *bocas*, como las del Ródano, Ganges &c. Bocas del rio.

El plano inclinado ó la pendiente que siguen las aguas en su curso, desde su nacimiento hasta el mar, suele ser á menudo muy desigual; es decir, que encuentran desniveles repentinos y tan notables á veces, que las aguas se precipitan á mayores ó menores profundidades, dando lugar á los *saltos*, *cascadas*, *rápidos* y *cataratas*, nombres cuyo rigoroso sentido no es fácil precisar. Sin embargo, por *salto* se entiende cuando un rio se precipita una sola vez en un abismo; *catarata*, cuando esta operacion se verifica en mayor escala y va precedida de los *rápidos;* en estos, la diferencia de nivel no es bastante para dar lugar á los saltos y cataratas; pero es tan frecuente y contínua, que impide la navegacion, como se observa en el Niágara (Estados Unidos), antes de llegar á la famosa catarata de este nombre. Por último, el nombre de *cascada* se aplica á los *saltos* de pequeñas corrientes ó caudales de agua.

Salto de un rio. Catarata. Rápidos. Cascada.

El conjunto de corrientes tributarias de un gran rio, desde su nacimiento hasta la desembocadura en el mar, y todo el terreno que aquel recorre y riega en su curso, es lo que se llama *cuenca hidrográfica.*

Cuenca hidrográfica.

Bastando estas nociones de geografía física al objeto del *Manual*, y debiendo prescindir de la geografía política, pues esta corresponde á tratados especiales que se podrán, si se quiere, consultar, estamos ya en el caso de pasar al capítulo de *Causas actuales*, siguiendo en un todo el programa que encabeza la obra.

CAPÍTULO II.

Causas actuales, su naturaleza y modo de obrar sobre la tierra.

Los agentes que en todas las épocas de la historia física del globo han obrado y siguen obrando sobre su superficie tendiendo constantemente á variar su aspecto, ó se encuentran en la parte exterior de nuestro planeta, ó proceden de su interior. De aquí la division de las causas actuales en internas y externas; aquellas dependen en gran parte del estado particular incandescente del fondo de la tierra; estas se hallan representadas principalmente por la accion de las aguas, de la atmósfera, de la electricidad y de los demas agentes que se hallan mas ó menos directamente en contacto con su superficie. Las primeras se han llamado ígneas ó plutónicas, las segundas neptúnico-atmosféricas, atendida su naturaleza particular.

Causas internas ó ígneas, y externas ó neptúnico-atmosféricas.

A estos dos órdenes de causas puramente físicas, hay que añadir otro, el de los agentes fisiológicos representados por la accion del hombre y de los demas séres de la creacion viva, animales y plantas, sobre el mismo globo.

De modo que trataremos en este capítulo, primero de las causas internas, ígneas ó plutónicas; segundo de las externas, neptúnico-atmosféricas; y tercero y último, de las fisiológicas ú orgánicas.

Artículo 1.°

Causas ó fenómenos plutónicos.

Definicion.

Como su mismo nombre lo indica claramente, las causas y fenómenos de que vamos á tratar se refieren á la temperatura de la tierra; y como esta en su acepcion mas lata está formada de una capa gaseosa (atmósfera), de otra líquida, (mares, lagos &c.), y de un núcleo sólido al exterior, mas ó menos pastoso en su interior, (tierra propiamente dicha); de aquí la division natural de este artículo en tres secciones, segun que nos propongamos tratar de la temperatura de cada una de estas tres porciones. De todos modos, y sea cual fuere el órden que sigamos en la exposicion de estos hechos, pues en el fondo es indiferente, conviene saber que todos estos fenómenos ígneos dependen de la temperatura propia del globo, de la irradiacion solar y de la de los espacios celestes.

SECCION PRIMERA.

Temperatura de la atmósfera.

La temperatura de la atmósfera en cuyo seno vivimos, depende de la que le comunican al atravesarla los rayos solares y del calor acumulado en la superficie de la tierra. Pero estas dos fuentes no proporcionan el mismo grado de calor, pudiendo calcular en ⅓ el de la primera, y en ⅔ el de la segunda, segun consta de las observaciones de físicos eminentes como Saussure, Quetelet y otros.

La temperatura disminuye en las altas regiones de la atmósfera.

De esta causa y de la natural irradiacion del calor, resulta un hecho, que aunque vulgar, no deja de ser muy importante, á saber, la disminucion gradual de la temperatura á medida que nos elevamos en la atmósfera. Esto se ve confirmado todos los dias tanto por los que

suben á las altas montañas, como por los intrépidos navegantes aéreos. Entre estos el célebre Gay-Lussac en 1804, notó en su famosa ascension que á los 7.000 metros, el termómetro marcaba—9,5 centígrados, siendo la temperatura de Paris+30,75.

La temperatura desciende en la atmósfera en razon de 1° por 160 metros.

Esta disminucion del calor en la atmósfera, aunque sujeta á una porcion de modificaciones, como la presencia ó ausencia de montañas, la forma y naturaleza de estas &c., se halla representada por un grado por cada 160 metros, desde el punto en que el termómetro marca la temperatura media constante.

Límite de las nieves perpétuas.

Sin embargo, esta progresion suponen algunos no ser uniforme é indefinida, y que á la altura de doce á catorce mil metros cesan dichas variaciones. Esta cuestion está naturalmente enlazada con la del nivel de las nieves perpétuas, que digimos ser la línea irregular que marcaba la altura en la que el agua no puede mantenerse sino en estado sólido. Y como quiera que en las diversas regiones, este límite es distinto, se infiere que habrá varias causas que contribuyan á modificar la temperatura en las altas regiones de la atmósfera.

La latitud determina el límite de las nieves perpétuas.

La latitud es una de las causas mas poderosas que determinan este límite; observándose que en el Ecuador sube á 5,000 y mas metros, mientras en las regiones polares baja casi hasta el nivel del mar. La forma de las montañas, su naturaleza y disposicion tambien contribuyen; puesto que el decrecimiento de la temperatura es mas rápido en las de forma cónica y en las aisladas, que en las agrupadas y en las cordilleras, especialmente en las que terminan en meseta.

El decrecimiento de la temperatura es mas rápido en las montañas cónicas y aisladas.

La exposicion modifica tambien este límite.

Otra de las causas ó circunstancias que influyen en este límite es la exposicion; observándose, que en la falda E. y S. de las cordilleras las nieves no bajan tanto como en la del N. y O. El Himalaya, sin embargo, ofrece bajo este punto de vista una irregularidad, siendo 1,000 metros mas alto en esta cordillera asiática el nivel del lado N. que en el del S. Esta irregularidad, como veremos mas adelante, es hija de la marcha de los vientos periódicos llamados *monzones*.

El hemisferio austral es mas frio que el boreal.

Por último, segun las repetidas observaciones de Pentland, el hemisferio austral es mas frio que el boreal; de donde el hecho curioso de que á latitudes iguales no se corresponden las líneas que marcan el nivel de las nieves perpétuas.

Los adjuntos cuadros confirman plenamente todas las reflexiones que acabamos de hacer relativas á esta materia y las relaciones que existen entre este límite y el de la vegetacion.

PUNTOS Y OBSERVADORES.	Latitud.	Altura del límite en metros.	Temperatura media.....
Cordillera de Bolivia (Pentland)....	16° á 17° ¾ austral.	5,200	
» de Quito (Humboldt).....	0° á 1° ½ idem..	4,795	1,5
Volcanes de Méjico (Idem).....	19° á 19° ¼ boreal..	4,580	
Himalaya (Webb).....	»	»	
_____ pendiente septentrional.	30° ¾ á 31° idem...	5,000	
_____ pendiente meridional....	»	3,850	
Etna (Saussure).....	37° á 38° idem...	2,925	
Pirineos (Ramond).....	42° ½ á 43° idem...	2,729	3,5
Cáucaso (Engelhardt y Parrot).....	42° ½ á 45° idem...	3,216	
Alpes (Saussure).....	45° ¾ á 46° idem...	2,670	4
Carpatos (Wahlenberg).....	49° á 49° ¼ idem...	2,592	
Altai.....	49° á 51° idem...	1,950	
Noruega interior (De Buch).....	61° á 62° idem...	1,690	6
Idem.....	67° á 67° ¼ idem...	1,180	
Idem.....	70° á 70° ¼ idem...	1,060	6
Costa.....	71° ½ á 71° ¼ idem...	714	

REGION.	Latitud.	Ultimos árboles y arbustos.	Distancia vertical entre el límite de las nieves y el superior de los árboles.	Distancia vertical entre el límite de las nieves y el superior de los cereales.
			Metros.	Metros.
Laponia	67° ½ á 70.	Betula alba, Rhododendron lapponicum	585	877½
Noruega	61°	Betula alba y nana, salix glauca	586	1014
Carpatos	49° 10′	Pinus abies, y Pumilio	1112	762
Alpes suizos septentrionales.	45° ¾ á 46½	Pinus abies, Rhododendron ferrugineum	877½	1365
——— meridionales	45° ¾ á 46½	Pinus larix	586	»
Pirineos franceses	42° ¾	Pinus silvestris, v. rubra y uncinatus	448½	»
Apeninos	42° á 43°.	Fagus sylvática	1072½	»
Etna	37° 30′	Idem	1267½	»
Cáucaso	42° ½	Betula alba, Rhododendron caucásicum	1267	1238½
Ararat	39° 42′	Bétula	1755	»
Tenerife	28°.	Pinus canariensis.	586	»
Méjico	20°.	Pinus occidentalis.	682½	»
Andes de Quito	0°	Escallonia, Alstroma	1267½	1657½

Temperatura de las regiones bajas de la atmósfera.

Sabiendo ya cómo se conduce el calor en las regiones altas y medias de la atmósfera, vamos á ocuparnos de este mismo elemento en las regiones bajas; es decir, en aquellas que, por ser precisamente las que nosotros ocupamos, deben ofrecer un interés mas directo.

La temperatura de esta parte de la atmósfera, y de consiguiente la del suelo mismo, depende principalmente del grado de calor que recibe del sol siendo por un lado imperceptible la que le comunica la tierra, y acumulándose por otro casi todo el calor de los rayos solares en esta parte mas densa de la atmósfera, supuesto que en su tránsito por las regiones altas solo pierden $\frac{1}{3}$ de su temperatura.

La accion de los rayos caloríficos solares, mas que de la proximidad de este astro á la tierra, depende de su grado de inclinacion; siendo tanto mas poderosa, cuanto mas verticales son.

Los polos no representan el tipo de un frio absoluto.

Esta es la razon de ser la zona ecuatorial la mas cálida, y las polares las mas frias. No se crea por esto, sin embargo, que los polos ofrecen el tipo de una temperatura absoluta de frio, pues el sol todavía ejerce en ellos su accion; la tierra les comunica su calor propio, dejando aparte otras causas que contribuyen al mismo efecto.

La temperatura disminuye desde el Ecuador á los polos.

De lo dicho se deduce que, del mismo modo que la temperatura en las capas superiores de la atmósfera disminuye en razon inversa de la altura, en las regiones bajas sigue una escala descendente á partir del Ecuador.

Este decrecimiento se verifica en razon de $\frac{1}{2}$ grado por cada uno de latitud.

Este decrecimiento, salvas una porcion de causas que lo modifican, se verifica en razon de medio grado por cada uno de latitud. De modo que, respecto á la temperatura de las regiones bajas, avanzar un grado hácia el polo equivale á elevarse 80 metros en la atmósfera.

Este principio puede, y aun para mayor claridad debe admitirse así, pero no sin restricciones; pues si fuese tan fijo y absoluto, bastaria conocer la latitud para apreciar la temperatura de los diversos puntos de la superficie del globo, lo cual comunicaria á los climas una regularidad que no ofrecen.

Existen causas que modifican la influencia de la latitud en la distribucion del calor, en la superficie del globo. Pero antes de entrar en su estudio ó exámen, veamos cómo se aprecia la accion de la temperatura en el globo.

Tres son los datos que el físico necesita para fijar los principios que rigen la materia, á saber: 1.° *La temperatura media anual.* 2.° *La temperatura máxima* ó *de calor estival.* Y 3.° *La temperatura invernal* ó *mínima.*

La media anual se obtiene acumulando la temperatura media diaria y dividiendo la suma por 365, número de los dias de un año. La línea irregular que en cada hemisferio enlaza los puntos en que la temperatura media ánua es igual, se llama *isoterma*, ó lo que es lo mismo, de igual calor.

Modo de obtener la temperatura media anual.

Líneas isotermas.

Las temperaturas *invernal* y *estival* se obtienen por la acumulacion de la media diaria de los meses de Diciembre, Enero y Febrero para la primera, y de los de Junio, Julio y Agosto para la segunda, dividiendo la suma por el número de dias de cada uno de estos dos períodos. La línea que reune los puntos en que la temperatura estival es la misma en un mismo hemisferio, se llama *isótera*, así como la que enlaza los de temperatura invernal idéntica recibe el nombre de *isoquímena*.

Modo de apreciar la temperatura invernal y estival.

Líneas *isótera* é *isoquímena*.

La temperatura propia de un punto dado se obtiene por la media de las temperaturas medias de un gran número de años.

Las causas que modifican la influencia de la latitud ó de la inclinacion de los rayos solares, son generales ó particulares. Entre las primeras deben contarse la elevacion sobre el nivel del mar, y la posicion y proporcion relativa entre continentes y mares. Estas dos causas, y en especial la última, explican satisfactoriamente las ondulaciones é irregularidades que las líneas isotermas describen entre el N. de América y la Europa Septentrional, llegándose á notar, bajo una misma latitud, nueve y mas grados de diferencia, resultado natural por una parte del mar que rodea á la Europa en una grande extension hasta el Polo, y de la presencia por otra de tierras entre el N. de América y el círculo polar.

Causas que modifican la influencia de la latitud.

Las otras causas dependen de circunstancias locales, y son: unas terrestres, como la igualdad ó desigualdad de los terrenos, la direccion de las montañas, el estado de la vegetacion, la cantidad de nieve que las cubre &c.; otras, atmosféricas, se refieren á la cantidad de agua ó á la humedad reinante, á la tranquilidad ó agitacion del aire &c.; por último, las hay que, como la forma de las costas, la presencia ó falta de nieves y de hielos polares, las corrientes &c., pueden designarse con el epíteto de causas perturbadoras marítimas.

Causas locales terrestres, atmosféricas y marítimas.

Todas estas circunstancias, y otras que se omiten por la brevedad, hacen tambien que las líneas *isotermas* de un hemisferio no correspondan siempre con las *isoquímenas* é *isóteras* del mismo.

Con estos datos podemos formarnos una idea de la cuestion de los climas, tan esencial para el objeto què nos proponemos.

Clima puede decirse que es el temperamento de una region dada, Climas.

circunscrita por dos líneas *isotermas* contíguas en un mismo hemisferio, determinado por la accion de los rayos solares y del calor propio de la tierra, modificado por todas las circunstancias que se acaban de indicar.

Siete climas. Generalmente hablando, en cada hemisferio se admiten siete climas, y son los siguientes:

1.°	*Tórrido.*—Línea	isoterma	de	25° 5'	á	25°
2.°	*Cálido.*	»	de	25°	á	20°
3.°	*Suave.*	»	de	20°	á	15°
4.°	*Templado.*	»	de	15°	á	10°
5.°	*Frio.*	»	de	10°	á	5°
6.°	*Muy frio.*	»	de	5°	á	0°
7.°	*Glacial.*	»	de	0°	á	—17°

Cada uno de estos se divide en *constante*, *variable* y *extremado*. Llámase *constante* cuando la diferencia entre la máxima y la mínima de calor no excede de 8°; *variable* cuando llega á 20°, y *extremado* el que ofrece una diferencia de 30°. Véase el siguiente cuadro.

			Media anual.	Máxima.	Mínima.	Diferencia.
Climas.	Constante..	Funchal (Isla de Madera)	20° 3'	24° 2'	17° 2'	7°
	Variables..	San Malo (Francia)....	12° 3'	19° 4'	5° 4'	14°
		Paris.....	10° 8'	18° 5'	2° 3'	16°
		Lóndres.....	10° 2'	18° 0'	3° 2'	15° 8"
	Extremados ó excesivos.....	Nueva York.....	12° 1'	27° 1'	—3° 7'	30° 8'
		Pekin.....	12° 7'	29° 1'	—4° 1'	33° 2'

Entre las causas modificadoras de la influencia de la latitud, ninguna obra con tanta energía como la proximidad á los mares. Con efecto, la temperatura de las aguas, como se verá en el artículo próximo, es siempre mas uniforme que la de las tierras, por razon de su naturaleza física. Cualquiera puede convencerse de la verdad de este principio con solo echar una ojeada á la lámina de las corrientes, en la que se nota que las isotermas forman menos ondulaciones en los Océanos

que en los continentes. Como consecuencia de esto, se observa que el clima de un punto cualquiera del globo está en razon de la cantidad respectiva de las aguas y de las tierras. Por igual causa, el de las islas como el de aquellas porciones de continentes rodeadas de grandes mares, es mucho mas templado y regular que el de los puntos centrales y apartados de las costas.

Las corrientes ejercen una accion muy notable.

Además de esta razon, la proximidad al mar determina á veces una gran modificacion en los climas por efecto de las corrientes que, trasportando las aguas de regiones cálidas á otras que son frias, y vice versa, contribuyen á suavizar y templar los excesos de calor y de frio. Esto explica por qué la Europa y la costa O. de Africa gozan de un clima en general templado; pues no solo aquella está rodeada casi por todos lados por el mar, sino que una y otra se hallan favorecidas por la gran corriente llamada *Gulf stream* que, despues de doblar el Cabo de Buena Esperanza, llega al mar de Méjico, y desde allí se dirige á Europa, recorriendo despues la costa occidental del continente africano.

Aplicacion de estos principios.

Para persuadirse de la importancia de esta causa reguladora de los climas, basta reflexionar que, á cada alteracion en las relaciones entre continentes y mares, en la larga historia de nuestro globo, ha de haber correspondido un cambio análogo en los climas, y con este otras formas y tipos de animales y plantas en armonía con las condiciones nuevas.

Por via de resúmen, y para terminar el artículo relativo á la temperatura de las regiones bajas de la atmósfera, hé aquí lo que dice el célebre astrónomo y físico francés, Sr. Arago.

«En nuestras latitudes, las variaciones termométricas no exceden de 20 á 25° sobre la media. En ningun punto del globo el termómetro, puesto á dos ó tres varas del suelo y resguardado de la reflexion, pasa de 46°. En el Océano la temperatura del aire nunca excede de 31°; la mínima con el termómetro suspendido, es de —50°.» De donde es fácil deducir que la diferencia entre la máxima y la mínima de calor en la superficie actual del globo, nunca ha pasado de 100° centígrados.

Temperatura de los espacios celestes.

Respecto á la temperatura de los espacios celestes, no pudiéndola apreciar por la observacion directa, hé aquí el resultado, por cierto poco acorde, de los cálculos de tres grandes autoridades:

Fourrier la supone..... de — 50° á—60°.
Poisson la cree..... de — 13°
Pouillet dice que debe ser de —142°

SECCION SEGUNDA.

Temperatura de las aguas.

Para mayor claridad debe dividirse esta seccion en tres, destinando la 1.ª á la temperatura de las fuentes, la 2.ª á la de los lagos, y la 3.ª á la de los mares.

Temperatura de las fuentes.

Las fuentes bajo el punto de vista de su temperatura, se dividen en *frias*, *templadas* y *calientes*, sirviendo de término de comparacion, como ya dijimos, la temperatura media de la atmósfera en el punto en que aquellas se hallan.

Causas de esta temperatura.

La temperatura de las fuentes depende en primer lugar, de la profundidad de donde proceden las aguas; en segundo, de la cantidad y fuerza con que aparecen; y por último, de la naturaleza de las rocas que atraviesan en su curso subterráneo.

La profundidad de donde procede el agua.

Conservándose el interior de la tierra en estado ígneo, como se tratará de demostrar en el párrafo próximo, y como supusimos ya en la introduccion, es natural creer que cuanto mas profundo sea el punto de donde proceden las aguas, tanto mas inmediato estará al gran foco de calor, y de consiguiente, tanto mas elevada será su temperatura.

El roce contra las paredes de los conductos.

Por otro lado, la presion que sufren las aguas contra las paredes de los conductos tortuosos é irregulares que en su marcha desde la superficie de la tierra al fondo, y desde este á aquella recorren, ha de producir una elevacion de temperatura en razon de la fuerza de esta accion; de aquí el que, cuanto mayor sea la cantidad y la violencia en la salida de las aguas, tanto mas alta será su temperatura en igualdad de circunstancias.

La naturaleza de las capas que atraviesa.

Por último, la naturaleza de las capas ó estratos que las aguas atraviesan ejerce tambien su influencia; pues aunque las rocas son en general poco ó mal conductoras del calor, sin embargo, las hay que poseen esta propiedad en mas alto grado que otras.

En confirmacion de los principios que acabamos de sentar, pueden aducirse los hechos siguientes: 1.° Que la temperatura de las aguas que proceden de mas de 25 metros de profundidad, es insensible á los cambios exteriores. 2.° Que la temperatura de las fuentes no termales es superior á la media del ambiente exterior en las latitudes altas, y, por el contrario, inferior á la media en las bajas; por último, la posicion de las fuentes en la superficie de la tierra, es la mas plena con-

firmacion de lo dicho, ya que las termales siempre se encuentran, ó alrededor de centros volcánicos, en donde la comunicacion con el interior del globo es tan fácil como corto el espacio que lo separa de su superficie, ó en las cordilleras, producto de dislocaciones y de la expansion de materia procedente del interior de la tierra. Las fuentes templadas y las frias, por regla general, se hallan lejos de estos centros y en terrenos de poco espesor, en los que el espacio que las aguas de filtracion recorren es corto.

Aplicaciones.

Algunos autores, y entre ellos el célebre Arago, pretenden que del grado de calor de las aguas, puede deducirse la profundidad de punto de su procedencia; así como, por el contrario, conocida la ley de la distribucion del calor en el interior del globo, bastará saber lo que profundiza una sonda para indicar aproximadamente la temperatura que han de llevar las aguas que por allí salgan.

Temperatura de los lagos.

El calor no sigue en su distribucion las mismas leyes ó reglas en los lagos y mares que en los continentes.

El agua comun adquiere su mayor densidad á + 4° centígrados.

La naturaleza y circunstancias particulares del agua determinan y explican este principio. Con efecto, este líquido goza de la singular propiedad de adquirir su mayor peso específico á la temperatura de +4° centígrados; y de aquí resulta la distribucion del calor y el modo de conducirse este elemento en los lagos, y tambien en los mares, si bien en estos últimos sufre alguna modificacion, por efecto de las sales que llevan en disolucion sus aguas.

Mecanismo de la congelacion de los lagos y mares.

Como consecuencia de este principio, la congelacion de los lagos se verifica del modo siguiente: cuando la temperatura del aire es superior á los +4°, las aguas conservan en la superficie una temperatura uniforme, gracias á las corrientes, á la contínua evaporacion y á la natural movilidad de sus moléculas. Cuando, por el contrario, la temperatura baja á +4°, el agua de la superficie, haciéndose específicamente mas pesada, va al fondo, siendo reemplazada por otra capa que bien pronto sigue el mismo camino. Este mecanismo se continúa hasta que todas las capas adquieren la misma temperatura; en cuyo caso, siendo igual el peso específico en toda la masa, cesa el movimiento. Si en este estado de cosas, la temperatura del ambiente sube, el agua permanece líquida; y si, por el contrario baja á 0, la capa superficial se congela, subsistiendo en la superficie, por ser su densidad menor que la de las restantes. Esto explica la mayor uniformidad de la temperatura en los lagos y mares, y el mecanismo especial de la congelacion de estas grandes masas de agua, que empieza y se conserva así en la superficie,

mientras que el fondo permanece en estado líquido y á una temperatura mas uniforme que la de la superficie; disposicion providencial, pues de otro modo la vida sería de todo punto imposible en el seno de las aguas.

El cuadro adjunto confirma plenamente lo que acabamos de exponer; pues en él se ve que, cualquiera que sea la temperatura exterior, la del fondo de los lagos es la misma, y sujeta á muy ligeras modificaciones.

CUADRO

DE LA TEMPERATURA DE LOS LAGOS DE LA SUIZA, SABOYA &c.

Observadores.	NOMBRE DEL LAGO.	Temperatura en la superficie.	Temperatura en el fondo.	Profundidad en piés.
Saussure..	Lago de Ginebra.....	5, 0 cs.	5, 4 cs.	950
	___ de Idem.....	21, 2	6, 1	150
	___ de Thun..... ...	19, 0	5, 0	350
	___ de Brientz.....	19, 4	4, 8	500
	___ de Lucerna.....	20, 3	4 9	600
	___ de Costanza.....	18, 1	4, 3	370
	___ Mayor.....	25, 0	6, 7	335
	___ de Neufchatel.....	23, 1	5, 0	325
	___ de Bienne.....	20, 7	6, 9	217
	___ de Annecy.....	14, 4	5, 6	163
	___ de Bourget.....	17, 9	5, 6	240
De la Beche.	Lago de Thun.....	15,55	5,27	105 brazas.
	___ de Zug.....	14,44	5, 0	38

Temperatura de los mares.

Lo único que impide que los principios indicados sean aplicables en un todo á la temperatura de los mares, es la circunstancia de no co-

nocerse á punto fijo el peso específico de sus aguas y el grado de calor en que llegan á adquirir su mayor densidad. Por lo demas, la irradiacion, la movilidad favorecida por las corrientes y mareas, y la evaporacion contínua, obrando sobre las aguas del Océano como sobre las de los lagos, es fácil deducir que la temperatura ha de ofrecer en aquellos un carácter muy análogo; y efectivamente, la experiencia así lo demuestra.

Pero como, atendida su inmensidad, los mares están afectos á una porcion de movimientos, verticales los unos, horizontales los otros, de aquí el ofrecer tambien su temperatura un carácter diferente, segun el punto en donde se observa.

Así, por ejemplo, en los mares tropicales la temperatura baja en razon directa de la profundidad; lo contrario sucede en los polares, efecto del estado termométrico de la atmósfera. En los comprendidos entre los 30° y 70° de latitud, la temperatura baja en razon inversa de esta. Por último, segun el Sr. D'Urville, el Mediterráneo, desde las 200 brazas, conserva siempre la misma temperatura.

SECCION TERCERA.

Temperatura de la tierra.

La tierra en su capa exterior sólida ofrece una zona de extension vertical diferente, que se llama variable por serlo tambien en ella la temperatura: en el límite inferior de está faja, se observa que el termómetro no experimenta alteracion en el trascurso de mucho tiempo, y por esta razon se da á dicho punto el nombre de *capa de temperatura fija* (1) ó constante. La profundidad de esta region depende de la altura polar ó latitud, de la diferente conductibilidad de las rocas, y de la diferencia termométrica entre las estaciones extremas.

A partir de este límite á medida que se profundiza, la temperatura va en aumento de un modo gradual y sucesivo, siguiendo una proporcion aritmética, que prescindiendo de la infinidad de modificaciones que puede experimentar, y tomando la media proporcional de todos los cálculos, se puede expresar diciendo que por cada 33 metros la temperatura aumenta un grado. Admitiendo este hecho confirmado

(1) Segun observaciones y cálculos del Sr. Rico, catedrático de Física en la Universidad Central, la zona de temperatura constante en Madrid se encuentra á la profundidad de 25 á 30 metros.

por las observaciones practicadas en las minas, en las grietas naturales y en los pozos artesianos, como se ve en el cuadro adjunto, se podria llegar á conocer la elevadísima temperatura del fondo ó centro de la tierra (si esta proporcion fuese constante), con solo reflexionar que, á 1,000 metros, el termómetro debe marcar 30° próximamente sobre la temperatura de la zona constante; á una legua 150°; á diez leguas, 1,500°, y así sucesivamente hasta las mil que tiene el rádio terrestre.

CUADRO DE TEMPERATURA TERRESTRE,

OBSERVADA Á DIVERSAS PROFUNDIDADES.

Puntos, autores y fecha de la observacion.	Profundidad en metros.	TEMPERATURA en la profundidad indicada	TEMPERATURA media del país.	Profundidad correspondiente al aumento de 1° de calor.
1.° En las excavaciones.				
INGLATERRA.				
Cornuwall, W. Fox, 1822.				
Mina de cobre de Huel Towan....	82,3	15,6	10	14,7
____ de cobre y estaño de Huel, Unity Wood.....	157,4	17,8	10	20,2
____ de cobre de Gwennap....	274,5	24,4	10	19
		26,7	10	16,4
Condado de devon.				
W. Fox, 1822.				
Mina de plomo de Beeratlston....	219,6	19,2	10	23,9
____ de Huel Friendship.....	311,1	18	10	38,9
SUIZA.				
Saussure, 1785.				
Mina de sal de Bex.....	220	17,4	9	26,2
BRETAÑA (francia).				
D'Aubuisson, 5 de Setiembre de 1806.				
Mina de plomo y plata de Poullaouen.	142	14,2	11,5	52,6
	150	13,5	11,5	75

Puntos, autores y fecha de la observacion.	Profundidad en metros.	TEMPERATURA. en la profundidad indicada	TEMPERATURA. media del pais.	Profundidad correspondiente al aumento de 1° de calor.
2.° En las fuentes de las minas.				
SAJONIA.				
D'Aubuisson, á fines del invierno de 1802.				
Mina de plomo y plata de Jungho hebirke	78	9,4	8	55,7
____ de Beschertglück	256	13,8	8	44,2
____ de Himmelfahrt	224	14,4	8	35
BRETAÑA.				
D'Aubuisson, Setiembre de 1806.				
Mina de Poullaouen	39	11,9	11,5	97,5
	75	11,9	11,5	187,5
	140	14,6	11,5	45,2
____ de Huelgoët	60	12,2	11	50
	80	15	11	20
	120	15	11	24
	230	19,7	11	26,4
Cornuwall, W. Fox 1821.				
Mina de cobre de Dolcoath	439	27,8	10	24,6
MÉJICO.				
Humboldt.				
Mina de plata de Guanajuato	522	36,8	16	25,1
3.° En el agua de las grandes inundaciones.				
Mina de cobre de North, Huel-Virgin.	71,4	15,6	10	12,75
____ de Nangiles	161	14,4	10	36,6
____ de Gwennap, inundacion de 128 metros de profundidad.	183	15,6	10	32,7
____ de Huel-Maid, inundacion de 55 metros	230,6	15,6	10	41,2
SAJONIA.				
D'Aubuisson, á fines del invierno de 1802.				
Mina de Junghohebirke	318,2	17,2	8	34,24

Puntos, autores y fecha de la observacion.	Profundidad en metros.	TEMPERATURA en la profundidad indicada	TEMPERATURA media del pais.	Profundidad correspondiente al aumento de 1° de calor.
BRETAÑA.				
D'Aubuisson.				
Mina de Huelgoët, 16 metros de inundacion.....	238	18,8	11	43,3
4.° En la roca misma en las minas.				
SAJONIA.				
Trebra, 1805, 1806 y 1807.				
Mina de Beschertglück.....	180	11,25	8	55,38
	260	15	8	37, 1
SAJONIA.				
Trebra, 1815.				
Mina de Alte Hoffnung Gotes.....	71,9	8,75	8	95,88
	168, 2	12,81	8	35
	268, 2	15	8	38, 3
	379,54	18,75	8	35, 3
Cornuwall, W. Fox 1821 y 1822.				
Mina de cobre llamada United-mines.	348	30,8	10	16,7
	366	31,1	10	16,6
____ de Dolcoath.....	421	24,2	10	30

Este fenómeno curioso, que hoy ha llegado á ser casi un axioma geológico, es la clave fundamental de la ciencia; verdadero apoyo de la teoría del volcanismo, y la confirmacion mas plena del orígen ígneo del globo y del estado incandescente de su interior actual.

Lo mas notable, sin embargo, es que, á pesar de ser tan inmenso el foco central de la tierra y tan insignificante la capa sólida exterior, aquel no ejerce sobre esta sino una accion muy débil, no llegando á comunicarle mas que 0,30° de calor: esto se explica por la mala conductibilidad de las rocas, y tal vez tambien por no ser contínua la progresion del calor central.

Concluiremos este artículo con algunas reflexiones acerca de si la temperatura del globo ha variado ó no en su superficie desde su orígen;

cuestion del mayor interés para el esclarecimiento de la historia de nuestro planeta.

La temperatura del globo ha cambiado en las diferentes épocas geológicas.

La simple razon natural nos dice que la temperatura del globo en su superficie debe haber variado en las diferentes fases de su historia física; pues un cuerpo, en el principio de su ignicion, siempre irradia mas calórico que cuando se va cubriendo de una capa exterior sólida que, por efecto del enfriamiento, se opone al paso del calor. Y si la simple reflexion no bastara para comprender esta verdad, vendrian en su apoyo las innumerables observaciones con que se ha enriquecido la ciencia, fundadas en el carácter de las *faunas* y *floras* que han poblado el globo desde su instalacion en él, que tienden á probar que la superficie terrestre empezó por ofrecer á los séres vivos un clima tórrido, uniforme en toda ella, y que despues ha ido degenerando en extension y uniformidad, circunscribiéndose mas y mas y comunicando, en consecuencia, á los séres de cada época un sello particular y característico. Para convencerse de esto basta recorrer los estantes de cualquiera coleccion paleontológica, haciendo la comparacion por grupos de séres relativos á épocas distintas.

La temperatura de la superficie del globo ha variado, pues, en las diferentes épocas geológicas, desde su orígen hasta la aparicion del hombre. En el último período, ó sea en el histórico, si bien ha variado, como no podia menos, la variacion es tan insignificante por efecto del corto espacio de tiempo trascurrido comparado con el de épocas anteriores, que es imperceptible, como lo vamos á demostrar.

La temperatura del globo no ha variado en la época histórica.

La primera prueba de que la temperatura de la superficie del globo no ha variado, al parecer, en los tiempos históricos, se funda en que la duracion del dia natural es la misma, segun las observaciones astronómicas que datan de 2,000 años á esta parte. Ahora bien; el enfriamiento sucesivo del globo determina necesariamente una retraccion en su masa y un aumento consiguiente en su peso específico; todo lo cual debe dar por resultado el acortamiento del dia, por verificarse en menos tiempo la rotacion de la tierra alrededor del sol.

En confirmacion de lo que acabamos de indicar, los físicos y astrónomos mas célebres establecen que la disminucion de un grado de calor en 2,000 años, debió determinar un encogimiento del eje terrestre, capaz de acortar el dia de un minuto segundo y siete terceros; y como que, en estos veinte siglos, la disminucion que se ha notado en la extension no llega á 0, 01″; cantidad 170 veces menor que 0, 1″ 7‴, de aquí el poder decir con fundamento que la temperatura

del globo no ha experimentado cambios notables en la época histórica.

Este hecho curioso confirma la extrema lentitud con que procede la naturaleza en sus operaciones; ó, en otros términos, que la existencia del hombre en la tierra es un instante indivisible, comparada con la marcha de la creacion.

La estadística vegetal comparada corrobora el principio que acabamos de establecer. Con efecto, la Geografía botánica nos demuestra que la *vid* solo se cria en los paises cuya isoterma no excede de 22°, mientras que la *palma* solo puede fructificar en aquellos en que la temperatura pasa de 21°. Ahora bien; en los libros sagrados se habla ya de estas dos plantas, como muy comunes entre los hebreos; lo cual prueba que las regiones habitadas por el pueblo de Israel gozaban, hace 33 siglos, de la temperatura entre 21 y 22°. Y juzgando del clima de Jerusalen por el del Cáiro, que nos es conocido, puede decirse que la Palestina goza hoy dia de la misma temperatura, ó en otros términos, que está en la época actual en la misma línea *isoterma* que en la de Moisés. Y como estos ejemplos podrian multiplicarse, deducidos de los mismos datos, en otros paises, podemos decir con fundamento que, en los tiempos históricos, la temperatura del globo no ha variado de una manera sensible.

Resúmen de todo lo relativo á la temperatura del globo.

Reasumiendo, para terminar, todo lo relativo á la temperatura del globo, diremos:

1.° Que la tierra posee en su interior un foco de calor de un poder incalculable, resto de lo que fué toda la masa en su orígen, y causa de muchos fenómenos terrestres.

2.° Que, á pesar de esto, la influencia que ejerce hoy dia sobre la superficie es tan solo de 0,30°.

3.° Que en los tiempos históricos no ha sufrido modificaciones notables esta temperatura, en contraposicion de lo que ha sucedido en la larga série de períodos anteriores.

4.° Que se necesitan 30,000 años para que se reduzca á ½ el grado que ahora aumenta la temperatura en su interior por cada 33 metros.

5.° Que en las altas regiones de la atmósfera, el calor disminuye en razon de 1° por cada 160 metros.

6.° Que en las regiones bajas, desde el Ecuador al Polo, tambien disminuye en razon de ½° por cada grado de latitud.

Y 7.° Que la distribucion del calor en las aguas es mucho mas uniforme que en la atmósfera y en el interior de la tierra.

La consecuencia mas inmediata del calor central de la tierra es la

reaccion y lucha contínua que su exterior débil sostiene contra el interior del globo. Al conjunto de fenómenos que resultan de este estado de cosas, se ha convenido en llamar *volcanismo:* de consiguiente. vamos á ocuparnos de tan interesante materia, como verdadero corolario de los artículos que preceden.

SECCION CUARTA.

Volcanismo.

Definicion.

Por *volcanismo* se entiende, como se acaba de indicar, el conjunto de fenómenos resultado de la lucha contínua entre el interior incandescente y el exterior sólido de todo cuerpo planetario, y en especial de la tierra, objeto de nuestro estudio.

Volcanismo y plutonismo.

En las primeras épocas de la existencia del globo, cuando la corteza ofrecia una notable desproporcion con su interior incandescente, el volcanismo debió ser general y espantoso, determinando con la salida de materiales la formacion de las montañas conocidas con el nombre de *primitivas*, ó mejor *cristalinas.* Hoy, empero, debilitada por un lado la fuerza interior, y habiendo crecido por otro la resistencia en virtud de la consolidacion y aumento gradual de su capa exterior, el *volcanismo* está reducido á pequeñas y muy circunscritas regiones del globo, y á un corto número de fenómenos insignificantes, entre los que deben contarse los volcanes de todas especies, los terremotos, las oscilaciones de los continentes &c.

A. Volcanes.

Definicion.

En general un *volcan* es una montaña mas ó menos cónica, situada en los continentes ó en el seno de las aguas, en cuya cima truncada existe una cavidad en forma de embudo, por donde salen ó han salido materiales de diverso aspecto y naturaleza procedentes del interior de la tierra.

Partes de un volcan.

En todo volcan hay que considerar: 1.° El *foco* ó *receptáculo,* en donde se hallan acumulados los materiales y las fuerzas elásticas que determinan las erupciones; 2.° La *chimenea*, ó sea el conducto por donde salen los materiales al exterior; y 3.° El *cráter*, ó la cavidad en forma de cono inverso en que termina la cima del volcan. Hay volcanes que solo ofrecen un cráter, mientras que otros presentan dos, tres, y aun

mas; siendo en esto muy variables, pues en cada erupcion suele cambiar no solo la forma de la montaña, sino tambien el número de bocas. Así, por ejemplo, el Vesubio, uno de los volcanes mas famosos de Europa, el bello hórrido de Nápoles, como lo llaman los italianos, antes de la erupcion de 1850 solo ofrecia un cráter, y desde entonces hasta el año 1853 en que lo visité, poseia dos; el Etna en Sicilia, tiene igualmente dos desde tiempos muy remotos; Vulcano y Stromboli, en las islas de Lípari, solo tienen uno cada uno.

Erupcion.

Llámase *erupcion* al conjunto de fenómenos que presenta un volcan cuando está en actividad; caracterízala principalmente la salida de materiales arrojados por el *cráter*, ó bien por alguna boca accidental abierta en las faldas de la montaña.

Volcanes activos, apagados y mistos.

Estas operaciones, en unos, se verifican en la época actual, ó por lo menos conserva el hombre memoria de ellas, como sucede con el Vesubio, Etna, Stromboli, Ecla en Islandia &c.: á estos se les llama *volcanes en actividad*, ó *activos;* otros, por el contrario, permanecen como adormecidos, al menos en el período histórico, y son los volcanes *apagados;* por último, los hay que, sin estar extinguidos, pues dan evidentes señales de actividad, no hacen ya erupciones, y á estos se les llama *volcanes mistos*, ó por otro nombre, *azufrales* en español, y *solfataras* en italiano, por ser el centro de grandes explotaciones de azufre.

Periódicos é irregulares.

Entre los volcanes en actividad, los hay cuyas erupciones no guardan en sus intervalos regularidad alguna, mientras que, por el contrario, en otros como en el de Stromboli y en el de la Boca del Diablo, en el lago de Nicaragua (América central), las erupciones son periódicas y regulares; en el primero las he observado durante muchas horas cada diez minutos. Las erupciones de este volcan se distinguen, sin embargo, de las de los otros, en que al parecer, no se presenta por su cráter corriente alguna de lava, ó por lo menos es problemática.

Traquíticos. Basálticos. Lávicos. Fangosos. Geisers.

Además los volcanes se llaman *traquíticos*, *basálticos*, *lávicos*, *fangosos* ó *macalubas*, y *geisers*, segun que los materiales que arrojan ó han arrojado son *traquitas*, *basaltos*, *lavas*, *moya* ó *agua hirviendo.*

Volcanes agrupados y alineados.

Segun su situacion, se dividen en *agrupados* alrededor de ciertos centros ó *alineados*, siguiendo generalmente la direccion de grandes cordilleras de montañas; por último, hay volcanes *terrestres* ó *continentales*, *insulares* y *submarinos.*

Continentales, insulares y submarinos.

Establecidos ya estos preliminares, veamos cuáles son los fenómenos precursores, característicos y subsiguientes de una erupcion.

Fenómenos precursores de las erupciones.

Muchas veces las erupciones se verifican de un modo brusco y repentino, sin preceder signo alguno del que se pueda deducir su proximidad; esto empero no es lo comun, pues en la inmensa mayoría de los casos son precedidas de ligeros temblores de tierra, acompañados de rumores sordos subterráneos; suelen secarse los manantiales en las inmediaciones del volcan; la salida de alguna exhalacion eléctrica, y el presentarse gran número de insectos en los bordes del cráter, son tambien señales de una erupcion próxima. Sin embargo, ninguno de estos fenómenos puede reputarse como verdadero precursor de una erupcion; pues así como estas suelen á veces venir repentinamente y sin avisar, otras, como observé en el Vesubio en 1853, se presentan todos ó algunos de los mas notables sin sobrevenir la erupcion.

Erupcion.

Cuando esta acaece, un poco antes de presentarse todo el aparato de tan terrible funcion, se ve aumentar considerablemente la columna de humo que de ordinario sale por el cráter central, tomando un aspecto y un color que indica la presencia de cenizas; aumenta el número y la intensidad de las exhalaciones eléctricas; de vez en cuando se ven algunos fragmentos de materiales incandescentes salir como lanzados del interior; y por último, cuando se presenta una corriente de lava ó de fuego en los bordes del cráter central ó del nuevamente establecido, podemos decir que el volcan se encuentra en plena actividad ó en erupcion.

El mecanismo de la mayor parte de las erupciones consiste en establecerse dos ó más puntos de comunicacion con el foco del volcan: el uno, que suele ser con frecuencia el cráter principal, se encarga de las explosiones, en las que la fuerza elástica de los vapores arroja á lo alto la materia, junto con la ceniza y la columna de humo, fragmentándose en su trayecto, y dando al observador el brillante aspecto de los mas caprichosos fuegos artificiales; por el otro conducto, que generalmente es inferior al primero, la materia sale á borbollones, á la manera de un gran manantial de fuego, verificándose solo algunas explosiones insignificantes cuando, por efecto del enfriamiento de la capa exterior, encuentran los gases mayor obstáculo á su salida.

Generalmente hablando, las bocas adventicias por donde se efectúan las erupciones se hallan alineadas; unas veces de dos en dos, otras en mayor número: los materiales que arrojan dan lugar, en el punto mismo de salida, á un verdadero volcan en miniatura, esto es, á un cono truncado con su correspondiente cráter, permaneciendo allí como monumentos que atestiguan la actividad volcánica de la comarca.

En el Etna, la mayor parte de estos conos son, por decirlo así, gemelos, presentándose de dos en dos, pudiéndose contar mas de doscientos cincuenta; en el Vesubio tambien se ven; y aunque no en tan gran número como en aquel, sin embargo se observa en ellos la misma disposicion. Esto al parecer indica que la materia ígnea al salir al exterior en las erupciones, sigue una direccion determinada por la línea de menor resistencia. Como este hecho es tan importante, lo he querido ilustrar por medio de la lámina 3.ª del Atlas, que representa la notable erupcion del Vesubio en 1834, copiada de la que sacó el malogrado profesor Pilla.

La lava, al salir por la boca de emanacion, que es la inferior, ofrece, como hemos dicho, el aspecto de un manantial, y en su curso se parece á un torrente de fuego, caminando á veces con lentitud, otras con gran velocidad, segun las condiciones del terreno, y devastando todo lo que encuentra á su paso. Y ciertamente no deja de sorprender al observador curioso el ver la corriente de una materia que, á juzgar por su marcha, parece líquida, y en cuya superficie no solo se sostienen sin hundirse los cuerpos mas pesados, sino que hasta puede imprimir su huella el hombre sin riesgo alguno.

Marcha de la corriente de la lava.

La lava, á poco de aparecer al exterior, se va enfriando en la extremidad de la corriente y en su superficie, presentando un fuerte obstáculo á la materia pastosa ígnea que corre por debajo; resultando de aquí todos los efectos admirables y destructores, á la vez que en su trayecto determina la corriente. Impelida, con efecto, la capa sólida por la salida incesante de la materia ígnea, aquella se hiende y cae en mil pedazos, siendo á veces lanzada á lo alto y arrojada á alguna distancia, efecto de la expansion de los gases; operacion acompañada de fuertes chasquidos, y á veces hasta de verdaderas explosiones. Los fragmentos de lava consolidada caen á derecha é izquierda de la corriente y en su extremidad inferior, dando al todo la forma de un cono rebajado muy notable y característico, gracias al *tálud* que los escombros forman en toda la extension de aquella. Los efectos destructores de la accion mecánica de la lava son inmensos y superiores á toda exageracion, no cediendo en nada á los producidos por la gran temperatura de la lava.

Cuando los obstáculos que encuentra la lava en su curso son del todo insuperables, entonces, ó toma otro rumbo, ó bien se acaballa una corriente sobre otra, llegando á cubrir extensiones inmensas de terreno, y formando á veces montes de consideracion. El Dr. Gemellaro, en la descripcion que leyó en la Academia de Catania, cuenta que, en

la famosa erupcion del Etna, en 1852, el Val del Bove se cubrió, en tres meses próximamente, de una capa de 8 y 10 metros de espesor, ocupando mas de 1 ½ leguas cuadradas; hecho que puede atestiguar el autor de este *Manual* por observacion propia.

Por último, llega un momento en que cesa el manantial de lava, sea por haberse agotado la materia que sale por la boca de emision, ó bien por oponérsele obstáculos de tal naturaleza que impiden absolutamente su salida. En este caso se observa que la boca superior ó explosiva redobla su accion, aumentando considerablemente los materiales lanzados, y su tamaño, y las explosiones se hacen mas frecuentes y terribles, parecidas á descargas cerradas de artillería, lanzando á veces masas inmensas á distancias fabulosas.

Los temblores de tierra, ó las sacudidas que experimenta la montaña, se hacen mas sensibles precedidas generalmente de rumores sordos subterráneos. Sorprendentes exhalaciones eléctricas, determinadas por la violenta salida de los gases, asurcan la columna de humo, la cual aumenta extraordinariamente y toma un aspecto que revela la gran cantidad de cenizas que arrastra. Todo esto, acompañado de las grandes masas y fragmentos de lava incandescente arrojados en las explosiones, y que se destacan de la columna de vapores que sale por la boca, completan el cuadro de uno de los fenómenos mas horribles y sorprendentes que ofrece la Naturaleza.

Podrán no ajustarse todas las erupciones al cuadro que acabo de describir; pero, por lo menos, es fiel copia de la que tuve el gusto de observar en 1852, en el Etna, durante muchos dias, y en especial una noche que la pasé en una cueva del volcan, en compañía del señor Gegembaur, de Wurzburgo, y el guia de Nicolosi.

Los materiales de las erupciones son sólidos, líquidos y gaseosos.

Entre los materiales que arrojan los volcanes en las erupciones, los hay sólidos, líquidos y gaseosos. Los sólidos son la *lava* en fragmentos, el *lapilli* ó *rapilli*, las *arenas* y las *cenizas* que no son mas que el resultado de la fragmentacion y trituracion de dicha materia. Estos materiales, lanzados al aire por la boca de explosion, se reparten en zonas diferentes, segun su tamaño y peso específico. Así es que los gruesos fragmentos se depositan alrededor del punto por donde salen, llegando á formar montañas ó cerros cónicos, verdaderos volcanes en miniatura, ó aumentando el *tálud* del cono principal cuando las explosiones se han verificado por su cráter. El *lapilli*, las *arenas* y las *cenizas* se extienden á largas distancias, llegando á veces á cubrir espacios inmensos de terreno: se cuenta de erupciones del Vesubio en que las cenizas llegaron

hasta Constantinopla (1). Esto no quiere decir que en el cono que se forma alrededor de la boca de explosion solo se encuentren gruesos pedazos; pues mucho *lapilli*, y aun *ceniza*, no pudiendo sostenerse en el aire, cuando por la tranquilidad de la atmósfera no son trasportados á grandes distancias, se precipitan alrededor de dicha boca y dentro del mismo cráter, contribuyendo no pocas veces á obstruir el conducto ó la chimenea del volcan.

Un hecho extraño y singular ofrecen las cenizas de algunos volcanes, á saber: la presencia en ellas de animales microscópicos, llamados *infusorios*, *marinos* unos, *lacustres* otros. El famoso micrógrafo de Berlin, Ehrenberg, fué el primero que observó este hecho en las cenizas arrojadas por el Ecla (Islandia) en 1846, en las que encontró hasta treinta y dos especies, todas lacustres. Admirado este célebre físico de tan notable descubrimiento, hizo extensivas sus observaciones microscópicas á otros volcanes, y de ellas ha deducido los principios siguientes: 1.° Volcanes que solo arrojan organismos lacustres: los de Chile, Quito y Méjico en América; los de las islas de la Ascencion y de Francia en Africa. 2.° Volcanes que solo despiden organismos marinos: los de Patagonia en América, y de Scheduba en la India. 3.° Volcanes que solo suministran materias minerales: los de las Canarias, los de Lípari y de Sciacca en Sicilia.

Los materiales líquidos, ó por mejor decir, *pastosos*, se reducen á la *lava*, que sale en forma de corriente por la boca de emanacion, y en cuya marcha magestuosa y destructora llega á consolidarse y á determinar todos los efectos indicados mas arriba. Esta materia sigue en su curso las mismas leyes que todo líquido que corre ó circula por un canal; es decir, que siendo su marcha mas expedita en el centro, este avanza mas, describiendo un arco muy abierto, cuya convexidad sigue el mismo curso de la corriente. Este hecho curioso se ve despues plenamente confirmado por la direccion que los cordones de la *lava* toman al enfriarse; siendo uno de los objetos que mas llaman la atencion del geólogo observador, al recorrer y estudiar las regiones *volcánicas* ó *flégreas*. Algunos autores citan la salida del agua en ciertas erupciones de los volcanes ordinarios.

Las materias gaseosas que se notan en las erupciones, son muchas

(1) En Octubre, Noviembre y Diciembre de 1852 las cenizas del Etna llegaron desde Messina á las islas de Lípari y Palermo; hecho atestiguado por el autor de este *Manual*.

y en gran copia: la mas comun y abundante es el vapor de agua que va á engrosar la columna de humo que sale del cráter, y se halla tambien en las infinitas emanaciones que se verifican en toda la extension de las corrientes de la lava. En el Vesubio, y en el azufral ó solfatara de Pozzuolo, han llegado á recogerse grandes cantidades de esta sustancia, á beneficio de aparatos condensadores. Las otras sustancias gaseosas son de naturaleza amoniacal: el cloruro de amoniaco, el ácido sulfídrico, el clorhídrico, cloruros de hierro y de cobre &c.

Las diferentes combinaciones de estos gases, y sus reacciones sobre las lavas y demas rocas de los volcanes dan por resultado una porcion de sustancias cuyo estudio y conocimiento es de la mayor importancia; pudiendo decir con razon, que un volcan en todos tiempos y en especial cuando se halla en erupcion, es un inmenso laboratorio en donde el filósofo observador puede ilustrarse en la mayor parte de los fenómenos mas recónditos de la química terrestre.

En muchos volcanes, y principalmente en los de América, la sustancia que, por decirlo así, ha caracterizado algunas de sus erupciones, ha sido el agua en estado líquido, dando márgen á una verdadera inundacion que ha llegado á causar mas estragos que la misma lava. En el volcan de Imbaburu (América del S.) en la erupcion de 1691, tuvo lugar este fenómeno con la notabilísima circunstancia de ir acompañada el agua de una cantidad tan prodigiosa de peces (*pimelodus cyclopum*), vulgo *prenadillas*, cuya putrefaccion dió lugar á una epidemia de fiebres malignas, de que fueron víctimas muchos habitantes de los alrededores de la ciudad de Ibarra. La explicacion de este hecho extraordinario es muy sencilla, sabiendo que la mayor parte de los cráteres antiguos se convierten en lagos, en donde la vida se establece muy pronto; si despues sobreviene una erupcion, es claro que tanto el agua, como todos sus habitantes serán lanzados instantáneamente con la lava. Tambien se explica admitiendo una comunicacion entre los arroyos que salen de las faldas de un volcan y su foco ó chimenea; pues en el acto de la erupcion, todo lo que se encuentra en dichos puntos es arrojado al exterior. Esta materia cenagosa contiene á veces una sustancia combustible negruzca que comunica á la corriente un color oscuro, de la que, despues de desecada, se sirven los habitantes de aquellas regiones como de una especie de *turba*, á la que llaman *moya*. Moya.

Pero, prescindiendo de estas particularidades de los volcanes comunes, hay otros que solo se distinguen de aquellos en la naturaleza Macalubas.

de los materiales que arrojan; pues en vez de *lava*, *lapilli*, *cenizas &c.*, lo que sale de un modo casi contínuo, y principalmente en las erupciones, es una materia fangosa llamada Buah en Java, acompañada, y aun puede decirse que impulsada por diferentes gases, entre los cuales el ácido carbónico es el principal. Estos volcanes reciben el nombre de *Macalubas* (1) en Sicilia, *Salses* en Sassuolo (Módena), por ser algo salada la arcilla ó sustancia fangosa que por ellos aparece; y en Nueva Cartagena, donde son abundantes, sobre todo en los alrededores de Turbaco, los llaman los volcancitos ó volcanes fangosos. Para mayor ilustracion, véase la lámina 4.ª del Atlas.

Entre las regiones que pueden citarse como mas famosas, es la cordillera del Cáucaso, en sus dos extremidades N. O. y S. E., en la que las Macalubas, los manantiales inflamables y de Nafta y Petroleo, con las fuentes saladas, ocupan, segun el Sr. Abich, una extension de 240 millas cuadradas. Tambien es notable, bajo este punto de vista, la isla Taman en Crimea.

La erupcion de estos volcanes sin fuego suele ser contínua y sin estrépito ni explosion, como he tenido ocasion de observar en Sicilia. La materia se eleva por la fuerza de los gases hasta llegar al borde del cráter, y desde allí se esparce por la superficie, formando un *tálud* que comunica á la colina la forma cónica igual á la de los otros volcanes. Así permanecen tranquilos durante un espacio de tiempo mas ó menos largo, sobreviniendo despues un estado de exasperacion ó un paroxismo en el que se reproducen fielmente la mayor parte de los fenómenos que caracterizan las verdaderas erupciones volcánicas.

Geiseres. Por último, en materia de volcanes en actividad, los hay en Islandia que arrojan periódicamente, y con intervalos regulares, una columna de agua hirviendo, en la cual se halla disuelta nada menos que la *sílice*, sustancia que resiste á los medios comunes de disolucion.

Estos volcanes singulares, y que por ahora solo se conocen en Islandia, se llaman *Geiseres*, voz propia de aquella isla, que significa violento ó impetuoso.

El mecanismo de sus erupciones es muy notable y bastante bien conocido hoy, gracias á los adelantos de las ciencias físicas y químicas. El agua que en forma de vapor procede de grandes profundidades, se acumula en el fondo del cráter, por efecto de la accion de la

(1) La voz *Macaluba* es corrupcion de la sarracena *Magharruca*, que quiere decir volcan de fango y agua.

temperatura exterior, y va llenando toda la cavidad hasta sus bordes; entonces permanece tranquila, formando equilibrio esta columna con la tension de los gases y vapor de agua que vienen de abajo; pero llega un momento en que la fuerza expansiva de aquellos vence, y entonces toda el agua es arrojada al exterior, ofreciendo el admirable espectáculo de una columna de 18 piés de diámetro elevándose á 150 y 200, dando lugar en su caida á todos los caprichos imaginables de una gran cascada (Véase la lámina 5.ª del Atlas). El agua, en su curso, asurca el suelo, depositando al paso la materia silícea que se agrupa alrededor de todos los objetos, cubriéndolos de una capa que parece escarcha, y que, por su procedencia, se ha llamado *Geiserita.*

En cuanto al hecho curioso de que el agua lleve en disolucion la sílice, es efecto del estado particular en que esta sustancia se halla, pues no es la sílice pura, sino un silicato de sosa y de potasa soluble el que sale por el Geiser.

Fenómenos subsiguientes.

Despues de haber trazado la historia de los fenómenos que caracterizan las erupciones de los volcanes ordinarios, y de indicar la naturaleza de otros fenómenos análogos, indiquemos los accidentes, que son su consecuencia natural, y un signo de que aquellas tocan á su término.

La cantidad de cenizas aumenta considerablemente, dando un aspecto particular, como fuliginoso, á la columna de humo, la cual naturalmente toma mayores proporciones. Las explosiones disminuyen en número é intensidad, y las corrientes de lava suelen detenerse en su curso.

Inundaciones y mofetas.

Grandes y devastadoras inundaciones de agua, á veces pura, otras fangosa, y las exhalaciones de ácido carbónico, que se han llamado *Mofetas* por los italianos, y que tantas víctimas ocasionan, son la fatal herencia que dejan la mayor parte de las erupciones volcánicas comunes.

Las inundaciones que sobrevienen en los alrededores de los volcanes durante y despues de la erupcion, son debidas muchas veces á las grandes lluvias que acaecen en aquellos puntos, por efecto de la cantidad considerable de vapor de agua que sale con la columna de humo por la boca del cráter, y del aire cargado de humedad que se acumula alrededor del volcan, para ocupar el espacio que deja la atmósfera enrarecida por la elevada temperatura de la columna de vapor. En algunos volcanes son tambien efecto del derretimiento de las nieves, cuando las erupciones se efectúan en montañas de grande elevacion, como las del Chimborazo, Nevado de Sorata y otras, en Améri-

*

ca, el Ecla y Etna en Europa, ó bien cuando estos fenómenos se verifican durante el invierno. Otras veces son debidas á verdaderas erupciones de agua, que generalmente no aparece por el cráter central, sino por las faldas de los montes, y á través de sus hendiduras. Este último accidente, peculiar casi de los volcanes de América y de los de Java, es muy raro en los de Europa.

Las *Mofetas* proceden de la descomposicion del carbonato de cal que contienen las rocas volcánicas, por el ácido clorhídrico que determina la formacion de clorhidrato de cal y ácido carbónico que se desprende á través de las grietas del terreno.

Fenómenos meteorológicos concomitantes de las erupciones.

En cuanto á los fenómenos meteorológicos que acompañan y hasta caracterizan las erupciones volcánicas, son en primer lugar, la violencia é irregularidad con que soplan los vientos, efecto de la elevada temperatura de la columna que ocupa el volcan, y la natural tendencia de este agente á establecer el equilibrio en su masa.

Cuando la erupcion se verifica en un espacio cerrado ó circunscrito por altas paredes, como sucede en el *Val del Bove*, en el Etna, y en el *Atrio del Cavallo*, en el Vesubio, los vientos son impetuosos é irregulares, y levantan torbellinos de arenas ó cenizas volcánicas. Consecuencia de estos fenómenos y de las mismas causas que los determinan, son las abundantes lluvias que completan, con sus efectos destructores, el cuadro devastador de esta clase de escenas naturales.

Pero entre los fenómenos meteorológicos, compañeros, y tal vez consecuencia de las erupciones volcánicas, los mas notables son los que se refieren á la electricidad y al magnetismo terrestres. El sinnúmero de exhalaciones eléctricas que asurcan la columna de humo, procedentes del fondo del cráter del volcan en los momentos de su mayor exasperacion, y las detonaciones que acompañan á su salida, imitan perfectamente una tempestad, bien que subterránea ó procedente de abajo, pero que iguala, si no excede, á las atmosféricas en dias tormentosos.

En cuanto al *magnetismo* terrestre, se nota una coincidencia muy singular entre los momentos y períodos de recrudecimiento de las erupciones y los cambios repentinos, y las fuertes y violentas desviaciones de la aguja magnética. El siguiente cuadro, del Dr. Palagi, director del Observatorio meteorológico de Bolonia (Italia), se refiere á la última erupcion del Etna, en 1852: fué formado por tan eminente físico y el autor de este *Manual*, en Roma, confrontando los diarios de observacion de aquel Establecimiento con el mio de viaje, y atestigua lo que acabo de indicar.

Dia 20 de Agosto de 1852.	*(Principio de la erupcion del Etna).*—El estado telúrico eléctrico fué el siguiente: á las 8 de la mañana + —; á las 12 — +: á las 4 — 0; á las 8 + —: cielo cubierto; á las 8 y á las 12 relámpagos y truenos; intensidad ó tension eléctrica muy fuerte.
Dia 22.....	*(Abrense nuevas bocas en el Etna).*—Mucha tension eléctrica; relámpagos y truenos.
Dia 23.....	*(Abrense otras bocas).*—A las 8 de la mañana, la electrizacion del conductor, intensísima; relámpagos y truenos; horizonte medio cubierto.
Dia 1.º de Setiembre....	El estado telúrico eléctrico fué el siguiente: á las 8 de la mañana + —; á las 12 + —; á las 4 de la tarde — +; á las 8 + —; truenos y relámpagos.
Dia 10.	*(Abrense nuevas bocas y sale la corriente que amenaza á Milo).*—A las 8 de la mañana — 0; á las 12 + —; á las 4 de la tarde — 0; á las 8 00; truenos y relámpagos á las 4 de la tarde; relámpagos á las 8.
Dia 20.....	*(Grandes temblores en Nicolosi y Catania).*—La tension eléctrica muy fuerte; relámpagos y truenos.

Sin embargo, hasta el dia no se han hecho bastantes observaciones para poder establecer principios ó reglas generales sobre estos cambios.

Es de esperar que vista la importancia del asunto, los hombres de la ciencia se dediquen á este género de exploraciones. Por de pronto, el Gobierno de las Dos Sicilias, con el doble objeto de solemnizar el sétimo congreso de sábios italianos celebrado en Nápoles en Octubre de 1845, levantó de planta un Observatorio meteorológico, en el Vesu-

bio mismo, junto al *Atrio del Cavallo*, dotado de todos los aparatos necesarios, del que la ciencia debe prometerse grandes ventajas.

Cantidad de materiales arrojados en las erupciones.

La cantidad de materiales arrojados por los volcanes en las erupciones, varía mucho, pero siempre es muy considerable. Baste saber, para convencerse de ello, que el Vesubio, á pesar de ser uno de los mas pequeños que se conocen, en la famosa erupcion del año 70 de la era cristiana enterró con sus cenizas á las tres ciudades llamadas Pompeya, Herculano y Estabia. Segun cálculos del Dr. Serao, este mismo volcan, en la erupcion de 1737, arrojó 8.879,383 piés cúbicos de lava. El Etna cubrió, en 1669, treinta millas cuadradas de superficie solo con la corriente de lava. Por fin, y para no multiplicar ejemplos, se cuenta que la erupcion del Chaptar-Jokul, en Islandia, en 1783, ocupó con sus materiales 80 leguas cuadradas de terreno.

Modo de conducirse la corriente de lava.

Por lo que toca á la rapidez ó lentitud de las corrientes de lava, depende del estado mas ó menos pastoso de esta; de los accidentes del terreno sobre que corre, y de la cantidad de materia que arrastra. Así es que, en general, la corriente es mas rápida en su orígen, y aumenta en razon de la pendiente del suelo y de la fluidez de la lava. Aparte de estas consideraciones generales se citan ejemplos maravillosos, tanto de rapidez como de lentitud. Hamilton refiere haber visto en el Vesubio una corriente que corrió á razon de 1,800 metros por hora; el célebre geólogo de Berlin, Sr. Debuch, dice que en la erupcion del indicado volcan, en 1805, vió una corriente que en tres horas llegó desde el borde del gran cráter hasta el mar, cuya distancia es de 7,000 metros: en la erupcion del Etna, en 1651, la lava recorrió en 24 horas la distancia de 16 millas. En contraposicion á esta rapidez, el famoso siciliano Carnera cita el ejemplo de la lava del Etna, que en 1614 midió solo dos millas en los diez años que la corriente estuvo en movimiento.

Velocidad de los materiales arrojados por el cráter.

Respecto á la velocidad que llevan las materias arrojadas del cráter en las explosiones, se supone que aproximadamente es la de los proyectiles lanzados por un obús ó mortero, esto es, 400 ó 500 metros por minuto segundo.

Tamaño y forma de estos materiales.

El tamaño de los pedazos de lava que el volcan vomita en estas explosiones, es variable hasta el infinito; pero para poderse formar una idea de la fuerza que desarrollan los volcanes en estos momentos terribles, basta recordar el caso que cita Lacondamine en su viaje á la América del S., de un pedazo de lava de 100 metros cúbicos arrojado por el Cotopaxí á nueve millas de distancia en una de sus últimas erup-

ciones. Pero lo mas curioso de todo es la forma que suelen tomar los fragmentos de lava, por efecto de su rotacion en el aire. Es muy comun encontrar alrededor del cráter una porcion de pedazos elípticos ó esferoidales, mas ó menos aplastados, que los habitantes llaman *lágrimas* y *bombas volcánicas*, como puede verse en casi todos los volcanes. Este hecho es muy curioso é importante, siquiera sea por lo que confirma la opinion del orígen ígneo de la tierra.

Las erupciones no siempre se verifican del mismo modo, ni tampoco se observan en todos los volcanes en el mismo punto. Generalmente hablando, en los de poca altura todo el aparato se verifica por el cráter central; mientras que en los de gran elevacion, aunque siempre empiezan las erupciones por el cráter principal, luego se establece en puntos mas bajos, es decir, en las faldas de la montaña y en aquellas partes que ofrecen menos resistencia á la salida de los materiales; verificándose esta, ora por puntos aislados, ora por grandes hendiduras, y mas comunmente por varios puntos á la vez ó sucesivamente, y en general alineados, como se ve en la lámina 3.ª del Atlas.

Efectos de las erupciones.

En cuanto á la accion de las erupciones sobre las montañas ó sobre los terrenos volcánicos, es muy variada é importante; pudiendo asegurar que en pocas partes se ven mejor confirmados los cambios de la materia en la superficie del globo. Así es que unas veces los materiales se acumulan, determinando la trasformacion de llanuras en montes, como sucedió en el Vesubio en la erupcion del año 79, en Montenuovo, junto á Pozzuolo, que se formó en los tres últimos dias de Setiembre de 1538 &c., mientras que otras, por el contrario, por efecto de grandes hundimientos desaparecen montañas enteras, como sucedió en el volcan de Papandayang, en la isla de Java, que al hundirse en 1772, arrastró tras sí sobre cuarenta pueblos y aldeas, con casi todos sus habitantes. Prescindiendo de estos casos desastrosos, en general puede decirse que en las grandes erupciones los volcanes pierden en altura, y á veces desaparecen por completo; mientras que en las de poca importancia suelen aumentar, como sucedió en el Vesubio en la de 1850, en que ganó sobre 50 metros.

Temperatura de la lava.

La temperatura de la lava, al tiempo de salir de la boca de emision, es tan considerable, que supera á la que el hombre puede producir por los medios comunes; bastando para ello tener presente que el estado que ofrece al salir no es fácil conseguirlo artificialmente y valiéndonos de los agentes que las ciencias ponen hoy en nuestras manos. A juzgar

por su color cuando está en corriente, que es el rojo-cereza, la temperatura es de 1,000 grados; y sin embargo, por efecto de la poca conductibilidad de la lava por el calor, se puede uno acercar tanto á la corriente, que hasta se enciende, si se quiere, en ella un cigarro. Frecuente es por demas tomar un poco de lava pastosa con la extremidad acerada de un palo, é imprimir en ella monedas ó sacar impresiones de moldes que se llevan preparados al efecto.

La lava en su marcha produce efectos destructores, debidos á su accion química, física y mecánica. La elevada temperatura que ya hemos dicho posee, y muy particularmente su salida contínua y la presion que ejerce al tiempo de fragmentarse y acumularse sobre todo lo que encuentra, son las causas mas poderosas de su modo de obrar. El vulgo está en la idea errónea de que todo lo que encuentra la lava en su curso se quema ó incendia, y de aquí esas láminas representando incendios volcánicos. La verdad es que nada resiste al poder mecánico de la lava; pero raras veces se notan en las erupciones esas llamas que tanto han exaltado la imaginacion de los poetas y pintores.

Azufrales.

Los *azufrales (solfataras* en italiano), como hemos indicado mas arriba, son volcanes de cuyas erupciones no se conserva memoria, pero que están en un estado de actividad particular, como lo atestigua el fondo de su cráter, de donde se escapa una ó muchas columnas de vapor de composicion muy compleja, que por un lado determina la descomposicion de las rocas de sus paredes, y por otro da lugar á muchas sustancias susceptibles de una rica explotacion.

Entre los productos mas comunes y abundantes en los azufrales se cuentan el *alumbre*, *azufre* y diversos *cloruros;* en algunos, como en el de Vulcano (islas de Lípari), se observa la *sal amoniaco*, *azufre*, *ácido bórico*, *selenio*, *sulfuro de arsénico*, *fósforo*, y segun Bornemann, trazas de *yodo;* en el de Pozzuolo, junto á Nápoles, son muy abundantes el *rejalgar*, el *alumbre*, la *coquimbita* y otras sustancias.

Descomposicion de las rocas y su aplicacion.

La descomposicion de las rocas que forman las paredes de los azufrales, producida por la accion de los ácidos sulfídrico y clorhídrico, al par que comunica á estos volcanes semi-apagados un carácter particular, es decir, el desmoronamiento y la blancura de su superficie interior y exterior, proporciona una sustancia muy parecida al *Kaolin* ó *tierra de porcelana* de muy buena calidad, y de que se han servido para la alfarería, con buen éxito, en Nápoles y en Sicilia.

Sofionis. Bufadores.

Otra de las manifestaciones volcánicas mas importantes es la de los *sofionis*, como llaman los italianos, ó *bufadores*, reducidos á la salida, en

terrenos no volcánicos, de columnas de humo cargado de gran cantidad de vapor de agua y de otras muchas sustancias, particularmente del *ácido bórico*, que se explota en Toscana y otros puntos.

El agua que se escapa por las hendiduras del terreno se condensa en la atmósfera, convirtiéndose en lluvia, y al depositarse en las depresiones del terreno da lugar á lagos ó estanques á que los italianos llaman *lagoni* (pequeños lagos).

Las emanaciones permanentes de ácido carbónico, de Nafta y Petroleo, y las de gases inflamables, á las que los italianos han dado el nombre de *fontane ardenti* (1), (fuentes ó manantiales ardientes), son tambien manifestaciones volcánicas con salida ó aparicion de materiales al exterior. Este fenómeno curioso se observa en gran escala en las orillas del mar Cáspio; tambien en Pietramala y Barigazzo en Italia, en el Delfinado en Francia y en otros puntos entre los que debe citarse el del pueblo de Fredonia, en Nueva Yorck, cuyos habitantes se sirven del gas de una de estas fuentes para el alumbrado público. Entre los manantiales de Nafta y Petroleo deben citarse el mar Muerto y el lago Naftia, situado en una region volcánica de Sicilia, entre Val di Noto y el Etna, visitado por mí en Octubre de 1852, y descrito por el abate Ferrara de Catania.

B. Terremotos.

Los terremotos ó temblores de tierra son movimientos instantáneos y pasajeros del suelo, determinados por causas subterráneas, cuyos efectos desastrosos se experimentan en la capa exterior del globo y en la propia habitacion del hombre. Definicion.

Para dar una idea clara de tan terrible funcion terrestre, dividiremos los fenómenos que la caracterizan en precursores, concomitantes y subsiguientes, como hicimos con las erupciones cuya analogía se pondrá así tambien mas de manifiesto. Fenómeno precursor.

Los fenómenos precursores de los terremotos son tan inciertos como los de las erupciones mismas; pues aun cuando se ha tratado de

(1) El valor de estos nombres italianos, consiste: primero, en ser Italia la patria privilegiada de los fenómenos que representan; y segundo, en haber entrado ya en el dominio del lenguaje científico.

averiguar si existia entre esta manifestacion volcánica y el estado de la atmósfera alguna relacion íntima y segura, se ha visto que no. Sin embargo, en Italia los habitantes de aquellas regiones mas propensas á sufrir sus terribles efectos, distinguen un estado particular en aquella, á que dan el nombre de *aire de terremoto*, que se observa al parecer despues de una pertinaz sequía, caracterizada por una gran quietud, como si estuviera muerta la atmósfera, acompañada de un gran calor caliginoso; el sol, aunque esté aquella serena, aparece velado, y se siente un malestar y fatiga en la respiracion. Este estado atmosférico corresponde á la desaparicion del agua en los pozos, que se nota como signo precursor de las erupciones. El célebre Pilla, profesor de Geología en la Universidad de Pisa, á pesar de haber observado esta circunstancia particular en la atmósfera antes del terremoto ocurrido en Toscana en 1846, cuya descripcion dió él mismo, dice que de modo alguno puede considerarse como signo precursor infalible de los terremotos.

Respecto á la estacion en que estos se presentan con mas frecuencia, aunque en rigor puede decirse que en todas se experimentan, sin embargo, segun resulta de las repetidas y asíduas observaciónes de varios geólogos, y en particular del Sr. Perrey, de Dijon, reasumidas en los cuadros adjuntos, son mas frecuentes en el invierno y el otoño y en los equinoccios y solsticios. Mas adelante veremos las consecuencias que de estos datos deduce tan eminente físico.

CUADRO DE LOS TERREMOTOS OCURRIDOS EN TODO EL GLOBO.

AÑOS.	Enero.....	Febrero...	Marzo.....	Abril.....	Mayo.....	Junio.....	Julio.....	Agosto....	Setiembre.	Octubre...	Noviembre.	Diciembre..	TOTAL...
1844.	10	9	9	7	7	9	7	8	5	3	4	8	86
1845.	11	6	5	5	6	3	6	6	9	11	6	11	85
1846.	7	5	10	3	4	4	6	10	5	7	8	8	77
1847.	5	4	9	6	2	2	6	9	4	10	5	4	66
	33	24	33	21	19	18	25	33	23	31	23	31	314
	Invierno.			Primavera.			Verano.			Otoño.			
	90			58			81			85			

TERREMOTOS OCURRIDOS EN LAS CUENCAS A CONTINUACION CITADAS.

MESES.	Cuenca del Rhin.	Francia y Bélgica.	Cuenca del Ródano.	Cuenca del Danubio.
Diciembre y Enero (solsticio de Invierno).....	133	161	50	57
Marzo y Abril (equinoccio de Primavera).....	81	108	26	30
Junio y Julio (solsticio de Verano)..	65	83	20	45
Setiembre y Octubre (equinoccio de Otoño).	72	98	32	39
TOTAL.....	351	450	128	171

Pero aunque la imperfeccion de sus sentidos hace que el hombre no los pueda percibir, es indudable que debe haber algunos signos que hagan presentir un próximo terremoto; y la prueba es que los animales los dan á conocer por cierta inquietud y agitacion de que parecen hallarse poseidos, como lo demuestran los aullidos de los perros y de los cocodrilos en el Orinoco, segun refiere Humboldt.

Fenómenos concomitantes.

El verdadero síntoma precursor de los terremotos, y que en razon al corto espacio que lo separa de estos puede ya considerarse como concomitante, es cierto ruido sordo subterráneo que parece proceder de regiones lejanas, y que se propaga con una velocidad extraordinaria. Este ruido particular puede compararse con el que acompaña ó precede á las grandes tormentas atmosféricas, ó bien al de un carruaje pesado cuando recorre velozmente las calles estrechas y de edificios altos de nuestras poblaciones meridionales. Algunas veces este signo pone en alarma á los habitantes, como sucedió en el terremoto de 1746 en Lima, en los de Calabria en 1783 y en Toscana en 1846, pudiendo á su beneficio evitar muchas desgracias. En otros, sin embargo, la catástrofe sobreviene de improviso y sin anunciarse de antemano, en cuyo caso las víctimas son en mayor número, como aconteció en el famoso cuanto triste de Lisboa de 1755, y en el de Riobamba (América) en 1797.

A este ruido particular, centinela avanzado del terremoto, siguen inmediatamente las oscilaciones ó movimientos del suelo, variables hasta el infinito en cuanto á su direccion, intensidad y duracion. El mayor número son verticales ó de sacudimiento, y horizontales ú ondulatorios, combinados á veces con otros de rebote y vertiginosos, ó de remolino, que son los mas terribles. Pero en general los movimientos que experimenta la tierra en los terremotos son compuestos, comparables tan solo con la fluctuacion del mar cuando se halla algo agitado.

Estos movimientos terrestres no pueden menos de comunicarse á los edificios, y tambien al mar. En el que destruyó á Lisboa se observó que las aguas alcanzaron un nivel superior al de las mayores tormentas y mareas; en Cádiz se elevaron 60 piés y en la isla de Madera 18, extendiéndose la oscilacion hasta los mares de Inglaterra y Escocia. Lo mismo sucedió en el terremoto de Calabria, en el que las aguas se retiraron primero, y volviendo despues con furia, hicieron perecer á muchas gentes de Scilla, Bagnara y Gioia que se habian refugiado en la costa.

En cuanto á los efectos experimentados en los edificios, son variables al infinito; pero conviene recordar, por ahora, uno de los mas notables, reducidos á las grandes aberturas en sentido vertical que se producen y desaparecen instantáneamente, no quedando de ellas mas que escasos indicios, excepto en el caso de caer é interponerse algun objeto ó piedra, por ejemplo, que les impide volver á su primitivo estado. Este hecho curioso observado de un modo muy visible en el terremoto de Toscana en 1846, demuestra que el suelo se levanta y deprime á manera de las ondas; en cuyo caso, siendo rígidos los edificios, deben naturalmente hendirse viniendo abajo las paredes, si la abertura las hace perder el equilibrio, ó uniéndose otra vez en el caso contrario, en el momento en que el terreno vuelve á su horizontalidad primitiva.

Estas grietas se experimentan tambien en el terreno que se abre y cierra á veces con una velocidad admirable. Los académicos napolitanos nombrados por el Rey, para dar una descripcion del famoso terremoto de la Calabria, refieren el caso ocurrido al P. Agazio, que sorprendido en el campo por el terremoto, se abrió de repente el terreno, y cerrándose instantáneamente, le cogió un pié llenándole de espanto y terror; mas con grande sorpresa y alegría suya, cuando ya se creia perdido, vió abrirse de nuevo el terreno, y dejándole libre, echó á correr, aunque con alguna dificultad, por la herida que le causó.

Direccion y modo de apreciarla.

La direccion que siguen los movimientos del suelo es varia y muy

difícil de determinar, ora nos valgamos de nuestros sentidos, por la poca tranquilidad de que goza el ánimo en momentos tan terribles; ora se eche mano de los instrumentos que con el nombre de *sismómetros* se han inventado para este objeto, en atencion á lo complicadas que suelen presentarse las oscilaciones. El único medio, quizás, que nos podrá ilustrar despues de ocurrido el temblor, es el conocimiento de la direccion de los estragos que aquel produjo.

Duracion del terremoto.

Las oscilaciones que determinan los terremotos suelen ser instantáneas; pudiendo afirmar que no hay ejemplos auténticos de haber durado mas de un minuto; no excediendo con frecuencia de 20 á 30 segundos.

Fenómenos consecutivos.

Los fenómenos que con mas frecuencia se presentan como consecuencia de los terremotos, suelen ser cambios atmosféricos y terremotos sucesivos.

Entre los primeros, los mas notables son grandes lluvias seguidas de inundaciones, huracanes, tempestades acompañadas de muchas exhalaciones eléctricas, y otros análogos. La lluvia, que puede ser efecto del vapor de agua que se escapa á través de las grietas, y que se eleva á la atmósfera, ó bien de perturbaciones en el estado eléctrico de esta, compensa hasta cierto punto los estragos producidos por el terremoto; sobre todo, recordando que la sequía suele precederlo con frecuencia. Humboldt dice en su Cosmos, que es tan frecuente este hecho en la América del S., que sus habitantes consideran á los terremotos como signo precursor de la lluvia, de que tanto necesitan. De paso debemos notar la analogía que bajo este punto de vista existe entre los terremotos y las erupciones; pues tambien estas como digimos, van acompañadas de grandes lluvias y otros cambios atmosféricos.

Otro fenómeno atmosférico no menos curioso suele presentarse despues de los terremotos, y es el de los Bólidos, ó sean globos de fuego en el aire. El malogrado Pilla dice haberlo observado despues del terremoto de la Toscana en 1846: segun los habitantes de Calabria, tambien se presentó el mismo fenómeno despues del del año 1835: los señores Sarti y Soldani, citan una porcion de casos idénticos ocurridos en diversos puntos de Italia. En el terremoto de Noruega, el 24 de Mayo de 1847, se observó una magnífica aurora boreal.

Además de estos cambios y fenómenos atmosféricos, deben citarse como consiguientes á un terremoto la repeticion del mismo por un espacio de tiempo mayor ó menor; generalmente en razon directa de la intensidad del primero. Así se observó en el del año de 83 en Cala-

bria, pues habiendo empezado el 5 de Febrero, terminó, ó por lo menos fué el sacudimiento mas terrible el del 28 de Marzo inmediato.

Límite de los terremotos.

En cuanto á la extension de los terremotos, pueden estos dividirse en locales y generales; aquellos son comunmente compañeros de las explosiones volcánicas, y se hallan circunscritos á las regiones en que estas se verifican; mientras que los otros se extienden á veces de una manera instantánea á puntos los mas lejanos. El ejemplo mas notable que puede citarse de ésta rapidéz y extension, es el del terremoto de Lisboa, cuya oscilacion se sintió, casi en el mismo instante, en la mayor parte de Europa, en el Atlántico en la isla de Madera, y costa de Africa, en el golfo de Méjico, y hasta en el Canadá; es decir, que ocupó un espacio igual á tres ó cuatro veces el continente europeo. En tésis general, puede sentarse el principio de que la extension de las oscilaciones terrestres está en razon directa de su intensidad.

Efectos dinámicos.

Prescindiendo de las infinitas víctimas que un terremoto puede ocasionar, pues es muy variable, bastando citar por ejemplo las setenta mil que perecieron en el de 1693 en Sicilia, treinta ó cuarenta mil en el de Riobamba en 1797, y un millon en el espantoso del Japon; y concretándome á los efectos materiales producidos por los terremotos, debo decir que son numerosos y variables al infinito. Entre ellos, los mas notables son el agrietamiento del suelo, la abertura de cavidades circulares á manera de pozos, como se verificó en el de Calabria en 1783, los levantamientos y hundimientos del terreno y otros. Segun Ulloa en el del Perú en 1746 se formó una grieta de una legua de largo y de cuatro á cinco piés de ancho; en el tantas veces indicado de Calabria, este agrietamiento no solo se verificó en sentido longitudinal, sino tambien á manera de rádios partiendo de un centro. En el mismo se notó la formacion, por hundimiento, de cavidades circulares generalmente alineadas, cuyos bordes los redondeó despues el agua que por su boca brollaba. En materia de levantamientos, bastará citar el que se observó en Chile en 1822, en el que toda la costa en la extension de cien millas fué levantada de tres á cuatro piés. Por último, en cuanto á los hundimientos podrian citarse muchos y muy notables ejemplos, pero bastará á nuestro propósito el que refiere Lyell en los principios de Geología del fuerte de Sindree, en el delta del Indus que desapareció en el terremoto de 1819. Los hundimientos producidos por la accion de los terremotos son, sin embargo, muchísimo mas desastrosos y terribles, cuando se verifican en puntos ó centros volcánicos; pues como allí las montañas ofrecen grandes cavernas en su interior,

en el momento en que por las oscilaciones del suelo falta el equilibrio por la desaparicion de los puntos de apoyo, las bóvedas y todo lo que ellas sostenian se hunde en el abismo. Entre las muchas catástrofes de este género que podriamos citar, indicaremos la que en 1772 ocurrió en la isla de Java, en la cual una de sus mas altas montañas llamada Papandayang, en la noche del 11 al 12 de Agosto desapareció en la extension de 15 millas de largo y 6 de ancho, arrastrando tras sí á cuarenta pueblos y aldeas, y pereciendo gran número de sus habitantes. La historia del terremoto de Lisboa, refiere que en uno de estos movimientos desapareció el muelle nuevo con mas de treinta mil almas que se habian refugiado en él, y todas las embarcaciones que se encontraban en el puerto.

Para tener una idea, aunque débil de estos efectos, véase la lámina 6.ª del atlas.

Nadie ha explicado con mayor claridad el modo de obrar de los terremotos que el doctor Yung, el cual los compara á la accion del sonido, diciendo que es una onda sonora, producida por un primer choque en la masa sólida de la costra exterior del globo que se propaga con la misma velocidad que aquel. La extension inmensa que en un momento alcanza esta onda en los terremotos, se comprende con solo recordar que la vibracion producida en un alfiler colocado en el extremo de una viga, se percibe instantáneamente en toda ella; y tambien la comocion que en los edificios y en las cuevas determina el paso de un carruaje por las calles. Ahora bien, en virtud de la ley de la elasticidad en la que el último cuerpo ó estrato, no pudiendo comunicar á otros el movimiento recibido, tiende á destacarse del resto, como se observa en las bolas de billar, la capa superficial de la tierra lo mismo que los edificios que sobre ella se hallan, se agrietan ó hunden de mil maneras diferentes, segun sea la violencia, direccion y demas circunstancias de la oscilacion que recibe á miles de leguas á veces de distancia.

Modo de obrar de los terremotos.

De esta ingeniosa cuanto al parecer exacta explicacion, se deduce que el ruido sordo subterráneo que precede inmediatamente al terremoto es ya uno de sus efectos, es decir, que puede considerarse como el sonido determinado por la primera sacudida, trasmitido luego por las vibraciones de los estratos ó materias terrestres. Sabido es tambien que los cuerpos sólidos son mejores conductores del sonido que el aire mismo, y de aquí el que se trasmitan con tan admirable rapidéz y á distancias al parecer increibles.

La propagacion del sonido, como todo el mundo sabe, varía segun la diversa resistencia que el medio en que se verifica le ofrece; y como que la vibracion de los terremotos se efectúa en un medio, que lejos de presentar la uniformidad del aire y del agua ofrece accidentes diversos de forma, dureza &c., de aquí la necesidad de que los efectos de los terremotos sean muy variables, aun en un punto muy circúnscrito, pues esto depende, por ejemplo, de la topografía subterránea y exterior y de mil otras circunstancias. Pero esta materia es demasiado vasta para tratada en detalle en una obra de esta índole, debiendo limitarme á sentar el principio, de que las variaciones en la intensidad de los terremotos y de sus fuerzas destructoras, depende: 1.° de la velocidad con que se propaga la onda que lo determina á través de las rocas; y 2.° de la resistencia que estas oponen al sacudimiento ú oscilacion.

Despues de ver en la descripcion comparada que acabamos de trazar, de los terremotos y erupciones volcánicas los puntos de contacto que unen estos dos órdenes de fenómenos á una causa comun, que procuraré poner en claro al explicar las teorías del volcanismo, solo falta para aducir mas pruebas de esta verdad, que examinemos cuáles son los puntos ó regiones mas afectas á los terremotos.

Regiones afectas á los terremotos.

Por regla general, estos terribles fenómenos son comunes y espantosos en las regiones de volcanes en actividad ó semiapagados, y muy raros en las privadas de terreno volcánico y en las que existen volcanes extinguidos. Bastará citar en confirmacion de esto la Sicilia, la Calabria y la Italia Central, en la que se encuentran el Etna, Stromboli, el Vesubio, los Azufrales de Vulcano y de Pozzuolo; Grecia y las costas de Siria, region eminentemente volcánica, en la que el volcan de Santorino ha dado mas de una prueba de su actividad en la época histórica; el Portugal y nuestra costa de Cartagena y Almería, colocadas entre las islas Canarias, Azores, Madera y el terreno volcánico de Cabo de Gata &c.; la isla de Java y la América del S., en donde se encuentran los mayores volcanes del mundo.

En contraposicion de estas regiones, el centro y la parte N. del continente europeo privado de volcanes activos, se ve libre igualmente de tan terribles catástrofes.

Tambien puede decirse que los terremotos son mas frecuentes y espantosos en las costas y en las islas, como lo atestiguan los terremotos de Lisboa, el de Calabria en 1783, el que destruyó la ciudad de Lima en 1746, los horrorosos ocurridos en la costa de Siria en 1171, y

otros muchos. Ahora bien, los volcanes en su distribucion geográfica, es sabido, que aunque los hay verdaderamente continentales como los de la China, sin embargo, la mayor parte se encuentran tambien en el litoral y en las islas.

En vista de todo lo expuesto, ¿quién se atreverá á negar que entre los terremotos ó la frecuencia de estos en ciertas regiones y los respiraderos volcánicos existe una relacion muy íntima? Si alguna duda pudiera todavía quedar, se desvanecerá cuando veamos que por la teoría geodinámica del volcanismo todas estas manifestaciones se hallan enlazadas á una causa comun, á saber, al estado ígneo del interior del globo.

El exámen de estas teorías lo aplazamos para despues de haber puesto en claro las demas manifestaciones volcánicas, tratando entonces de adaptar la causa general y comun á cada una de ellas en particular.

Distribucion de los volcanes.

Antes de entrar en detalles acerca de la causa del volcanismo, conviene decir dos palabras sobre su distribucion en el globo, asunto que facilitará considerablemente la inteligencia del verdadero carácter de este fenómeno.

Agrupados y alineados.

Los volcanes se presentan agrupados alrededor de algun centro, ó alineados siguiendo en general la direccion de los grandes círculos terrestres. Esta coincidencia tan exacta entre la distribucion geográfica de los volcanes y la de las montañas, pues tambien estas digimos se presentan en grupos y alineadas, demuestran bien claramente que unos y otras deben su orígen á una misma causa, de cuya naturaleza vamos á hablar muy pronto.

Regiones volcánicas.

En cuanto al número y distribucion de los volcanes, á pesar de no estar bien exploradas todas las partes del mundo, podemos decir que entre activos, apagados y azufrales ó *solfataras*, se encuentran hoy sobre 600 repartidos en las regiones siguientes:

1.ª region. La mas vasta de todas es la llamada del Pacífico; comprende la zona que se extiende desde las costas de Chile hasta las islas Marianas y el Japon, recorriendo la cordillera de los Andes, la California, el Kamtschatka, las islas Korilas, el Japon, las Filipinas y las Marianas. Esta region consta por lo menos de 200 volcanes.

La 2.ª region, la del Mediterráneo, comprende todos los volcanes de Italia y Grecia. En ella se encuentran los de nuestra península entre los cuales, el de Olot y Castellfollit en Cataluña, los de las provincias de Murcia y Almería, y de las islas Columbretes entre la costa de Cataluña

y las Baleares, son los mas notables, aunque apagados. De los volcanes de esta region, cuyo número no baja de 100, los mas famosos por su historia son: el Etna, Stromboli y el Vesubio salido del cráter de otro volcan llamado la *Soma*, de cuyas erupciones no guardaba memoria el hombre. El año 79 de nuestra era, reinando Vespasiano, una erupcion terrible le dió orígen; erupcion famosa, tanto por haber sepultado sus cenizas á tres ciudades célebres, cuanto por haber perecido en ella el gran naturalista y almirante romano Plinio, víctima de su ardiente é irresistible deseo de estudiar tan espantoso acontecimiento.

La 3.ª region es la del mar de nuestras Antillas ó de Méjico. Esta zona comprende por lo menos 20 volcanes, entre los cuales el de Popocatepelt por su altura de 5,400 metros, y el de Jorullo por su historia reciente, son los mas notables.

La 4.ª region es la de la Islandia y Groenlandia, en la primera de las cuales están los famosos Geiseres con sus curiosísimas erupciones; ocho ó diez volcanes se encuentran en ella.

5.ª region. Aunque no sean muy exactas las noticias que se tienen acerca de los volcanes en el continente africano, se citan sin embargo algunos, y aun entre ellos los hay que al parecer han dado pruebas recientes de su actividad. El capitan Allan dice que el llamado Mongoma-Leba, situado en la cordillera Cameroun, á la latitud N. 4° 12′, cerca de la bahía de Biafra, estuvo en erupcion el año 1838; siendo curioso el que la gran falla ó hendidura que corre del S. S. O. al N. N. E., y en la que se hallan situadas en línea recta nuestras islas de Annobon, Santo Tomás y de Fernando Pó, todas ellas volcánicas, está orientada ó se dirige precisamente hácia los montes Cameroun. El misionero Krap descubrió en 1849 una montaña cerca del orígen del rio Dana, hácia la latitud 1°, 20′ S. á 20 millas al N. O. de las costas de Mombas, que cree ser un volcan. En los alrededores del lago Tzana, en el reino de Gondar, segun Ruppell, y en Schoa, segun Rochet d'Hericourt, hay tambien señales evidentes de actividad volcánica. Lo mismo puede decirse de la montaña cónica de Koldghi, en el Kordofan, y de las de Bagele y Alautika al S. del gran rio Benue, que, segun el Dr. Barth, son volcánicas, por mas que no hayan dado pruebas recientes de su propia actividad.

6.ª region ó asiática. En ella se comprenden algunos volcanes litorales en la parte occidental y central del Asia, entre los cuales deben citarse el de Demavend, situado cerca de la costa meridional del mar Cáspio, el cual, segun las observaciones de Olivier, Morier y Taylor ha

dado pruebas recientes de actividad; el de Medina, que hizo erupcion en 1276; el de Djebel el Tir, que forma una isla en el mar Rójo; el de Pe-schan, en la gran cordillera de Thian-Schan ó montaña celeste, al N. de Kout-sche; el de Hotschcou ó volcan de Torfan, situado á 30 millas del gran Azufral de Oroumtsi, en la extremidad oriental de la cordillera de Thian-schan y enfrente de la bella y rica comarca de Hami, y otros varios.

7.ª region. La de las islas Canarias, Azores, Cabo-Verde, Santa Elena, Sandwich, &c., pertenecientes á la clase de volcanes agrupados ó centrales, y cuyo número asciende á 18 ó 20 próximamente.

Además de los de estas zonas debemos contar muchos en el centro del Asia y en el continente europeo, aunque su número sea difícil de fijar por ser los unos poco conocidos, y los otros de la clase de apagados, cuya historia nunca llama tanto la atencion como la de aquellos de cuyos estragos guarda el hombre memoria. Conste, sin embargo, que los hay esencialmente continentales, pues su existencia es de la mayor importancia, siquiera sea para apreciar en su justo valor la teoría que funda la explicacion del volcanismo en la supuesta comunicacion de las aguas del mar con el interior del globo.

Como ejemplo de volcanes verdaderamente continentales y en actividad, podemos citar los de la region volcánica de Ouyüne-Kholdongui al N. O. de la Mandchuria (China) en la provincia de Sakhalian-Oule, á 7 leguas del pueblo de Merghen. Estos volcanes cuya distancia al mar mas cercano, que es el del Japon, es de 250 leguas, y al lago Baikal de 300, han dado pruebas de su actividad por medio de violentas erupciones en 1721, segun consta de la relacion encontrada por el P. Wassilieff en las memorias de un chino residente en Ningouta.

El mismo Sr. P. Wassilieff refiere haber adquirido en una librería de Pekin un manuscrito precioso que contenia una coleccion de copias de informes dirigidas por el gobernador de la provincia de Sakhalian-Oule al emperador, relativos á los hechos ocurridos desde el año 1680 hasta el de 1812, entre los cuales hay cinco informes oficiales en que con bastante claridad y exactitud se explica la erupcion del volcan de Ouyüne-Kholdonqui: dichos escritos están fechados en Febrero, Abril, Agosto y Octubre de 1721 y en Julio de 1722.

Sin detenerme á copiar estos informes, vertidos al francés por el Sr. Sénenoff y publicados en el *Boletin de la Sociedad geológica de Francia*, pues me apartaria demasiado de mi objeto, no podia menos, sin embargo, de apuntar este hecho por el gran interés que inspira; pues

si exceptuamos el volcan de la Fragua de la Magdalena, en América, y el del monte Ararat en Asia, que distan el que mas 70 leguas de la costa respectiva, el volcan de Ouyüne-Kholdonqui es el mas esencialmente continental de todos los conocidos.

Considerada la distribucion de los volcanes en actividad con respecto á las cinco partes del mundo, dá aproximadamente los resultados siguientes:

NÚMERO Y DISTRIBUCION DE LOS VOLCANES ACTIVOS EN EL GLOBO SEGUN HUMBOLDT (1).

I	Europa		7	4
II ...	Islas del Océano Atlántico		14	8
III...	Africa		3	1
IV...	Asia continental	Asia occidental y central	11	6
		Península de Kamschatka	14	9
V....	Islas del Asia oriental		69	54
VI...	Islas del Asia meridional		120	56
VII..	Océano índico		9	5
VIII.	Mar del Sur		40	26
IX...	América continental	Chile	24	13
		Perú y Bolivia	14	3
		Quito y Nueva Granada	18	10
		América central	29	18
		Méjico al S. del rio Gila	6	4
		Parte N. O. de la América al N. del rio Gila	24	5
X....	Antillas		5	3
		TOTAL	407	225

(1) Los números de la primera fila se refieren á los volcanes de actividad histórica, por decirlo así, mientras los de la segunda indican los que han hecho erupcion en el siglo actual ó en la última mitad del anterior.

Los volcanes recorren en su altura una escala considerable, desde 250 metros que tiene el de la isla Cosima, hasta 6,825 que alcanza el de Sahama, como se ve en el cuadro adjunto.

CUADRO IPSOMÉTRICO DE LOS VOLCANES.

Isla Cosima (Japon)	250 metros.
Gunung Api. (Montaña de fuego.)	593
Stromboli (Sicilia)	661
Epomeo (Isquia)	765
Vulcano	800
Vesubio	1,184
Jorullo (Méjico)	1,202
Puy de Dôme (Francia)	1,477
Ecla (Islandia)	1,557
Cantal (Francia)	1,857
Mont d'or (idem)	1,895
Gedé (Java)	2,766
Kamtschatskaja	3,000
Etna (Sicilia)	3,321
Pico de Teide (Tenerife)	3,800
Puracé (Nueva Granada)	4,600
Pichincha (Quito)	4,700
Popocatepelt	5,400
Arequipa	5,600
Cotopaxi	5,753
Antisana	5,833
Sahama (Bolivia)	6,825

Para terminar todo lo relativo á los hechos volcánicos, falta tan solo decir algo acerca de las oscilaciones de los continentes y las fuentes termales.

C. Oscilaciones de los continentes.

Otra de las manifestaciones volcánicas que nos conviene examinar aun, no solo por la extension que abraza, sino por ser muy clara la relacion que la une con las erupciones, y en particular con los terremotos, es la que ha recibido el nombre de oscilacion de los continentes.

Desde tiempos muy antiguos se observa que el nivel del mar varía, invadiendo unas veces los continentes, y dejando otras por el contrario en seco el terréno que antes bañaba. Las costas de Suecia fueron el punto en que este hecho tan curioso se notó por primera vez, siendo el célebre Celsio el que llamó la atencion acerca del descenso de nivel que se observaba en el Báltico. Fijando la atencion sobre este hecho la famosa Academia de Upsal, y queriendo averiguar lo que habia de positivo en él, mandó poner unas señales al mismo nivel sobre una roca en la costa.

Esto se verificó en 1731, y trece años despues se observó que el mar habia bajado seis pulgadas suecas. Igual experimento se practicó en el puerto de Vasa, y al cabo de veinticinco años el nivel del mar habia bajado cinco pulgadas. De estos y otros resultados análogos, dedujo el célebre Linnéo, que el Báltico descendia cuatro ó cinco piés por siglo. Posteriormente el famoso Debuch de Berlin, Nilson, Keilhau, Lyell, Bravais, Martins y otros han confirmado estas observaciones en diferentes puntos en aquel y en otros mares del N. De ellas se deduce que en unas regiones el nivel del mar sube, y en otras baja, permaneciendo estacionario en muchas.

En una importante memoria publicada por Mr. Bravais en 1841, este eminente físico demostró la existencia de tan notable hecho en Escocia, en donde se pone de manifiesto por varias líneas de corrosion paralelas entre sí, y con la costa misma colocadas á 266, 331, 335 y 359 metros sobre el nivel del mar. Estas líneas miradas á cierta distancia imitan las antiguas playas, y las llaman en el país caminos paralelos (parallel roads) y tambien caminos de Fingal (1). Iguales líneas ó niveles de playas antiguas se han notado en Noruega y Laponia, guar-

(1) 1841. Fingal, guerrero escocés, padre de Ossian.

dando tambien cierta regularidad y paralelismo, si bien á una altura menor, pues nunca exceden de 300 metros.

Frecuentemente estas líneas solo son paralelas en apariencia, presentando varios desniveles á veces en regiones circunscritas, como lo ha demostrado el Sr. Keilhau desde el golfo de Alten-Fiord hasta las inmediaciones de Hammerfest, y en las dos islas que se encuentran cerca de Seyland y de Qualoë.

Despues de los indicados paises del N. de Europa, puede asegurarse que la península italiana es la region en que tan curioso fenómeno, no solo se ha verificado en gran escala, sino que tambien se ha estudiado con especial interés.

El golfo de Pozzuolo ofrece una porcion de datos que justifican en los tiempos históricos las oscilaciones á que ha estado sujeta aquella costa. El famoso edificio de Serapis, que en mi concepto debe considerarse mas bien como Termas ó casa de baños que como templo, presenta la mas cabal confirmacion de este hecho. Con efecto, entre los restos de tan célebre construccion, se ven tres columnas preciosas de una roca muy estimada llamada Cipolino, que se han conservado en pié y verticales; en ellas se nota á la altura próximamente de doce piés una faja de la misma extension, en la que la piedra se halla perforada en todas direcciones, y si examinamos el interior de aquellos agujeros, se ven ocupados por conchas bivalvas pertenecientes á varias especies de moluscos acéfalos llamados litófagos ó litódomos, que tienen la propiedad de perforar las rocas al nivel mismo del mar y establecer en ellas su propia habitacion. (Véase la lámina 7.ª del Atlas para mayor ilustracion.)

Ahora bien: siendo muy racional creer que este edificio fué construido á seco y no en el agua, y no pudiendo admitir por otra parte que las columnas hubiesen sido extraidas del mar para hermosear al edificio, pues en tal caso se verian cubiertas de conchas en toda su extension, es claro que la existencia de las columnas con la indicada faja, supone que en los tiempos históricos (1) la costa ha sufrido dos movimientos en sentido contrario; primero de descenso y despues de elevacion ó levantamiento para dejar todo el edificio libre. Oscilaciones que han alcanzado por lo menos venticuatro piés, y que han debido verificarse de un modo lento, pues de lo contrario no hubieran podido conservar su verticalidad las columnas.

(1) Este edificio célebre data del tiempo de los primeros emperadores romanos.

El mismo edificio presenta otros datos en justificacion de este hecho, siendo uno de ellos el haber encontrado el Sr. Niccolini en 1828, á la profundidad de seis piés, un pavimento tan hermoso como el que existia entonces á la superficie; lo cual prueba que habiendo sido invadido el edificio por las aguas, se vieron los romanos en la precision de colocar otro piso superior.

El mismo golfo de Pozzuolo posee, además de este, otros documentos preciosos que revelan semejantes oscilaciones en el nivel del mar. Entre ellos merece nuestra atencion el último pilar del puente ó puerto de Calígula, que ofrece: 1.° En cada uno de sus cuatro ángulos una piedra perforada destinada á amarrar las naves que debia hallarse al tiempo de su construccion fuera del mar, y hoy se ve sumergida por lo menos ocho piés. Y 2.° Sobre el nivel actual de las aguas, y á una altura de mas de diez piés se notan todas sus caras, y la parte superior cubierta de balanus, sérpulas, conchas y otros vestigios de animales marinos. Todo lo cual prueba que tambien en los tiempos históricos el fondo del mar en aquel punto ha experimentado dos oscilaciones, una de arriba abajo, y otra en sentido inverso.

Mas allá de Pozzuolo se observan dentro del mar, al menos en su base, las columnas del templo de las Ninfas. Cerca del pueblo de Báculo se hallan sumergidas muchas ruinas del templo de Hércules, y así de otros muchos.

Tambien suministra la costa inmediata á Pozzuolo un dato precioso reducido á encontrarse á cierta altura una formacion reciente llena de conchas y erizos de mar, idénticos en especies á los que viven hoy en el golfo; lo cual es la mas plena justificacion de lo que estamos discutiendo, siendo este un dato exento de toda interpretacion mas ó menos acertada, pues el terreno mismo nos revela la verdad de estas oscilaciones.

El golfo de Nápoles y de Palermo nos suministran igualmente hechos muy curiosos que corroboran cuanto acabamos de indicar. Pero como esta narracion podria llegar á hacerse pesada, me limitaré á recordar el caso de Pompeya, que siendo puerto de mar en tiempo de los romanos, hoy se ve á mas de media legua distante del mar.

Tambien podria citar algunos ejemplos observados por mí en varios puntos de la costa del levante de nuestra Península, sobre todo entre el sitio de recreo llamado Alcocebre, que forma las delicias de los habitantes de Alcalá en la provincia de Castellon y Peñíscola, antigua residencia del Papa Luna; pero bastan los indicados para convencer á

cualquiera de la existencia de uno de los hechos mas curiosos de la física actual del globo.

Explicacion del hecho.

Hubo una época en que estos movimientos se referian al mar, creyendo que el que variaba era su propio nivel; hoy, sin embargo, la mayor parte de los físicos mas eminentes admiten la oscilacion en la masa de los continentes y consideran este hecho como una manifestacion del estado particular del interior del globo. Los ejemplos que hemos aducido en confirmacion del fenómeno corroboran tambien esta idea, pues si las oscilaciones dependiesen del nivel del mar, cuando este se eleva en un puerto, necesariamente debe bajar en otros del mismo, y esto no se observa. Además, si recordamos lo ocurrido en el famoso terremoto de Lima, y la facilidad con que el suelo se levanta ó deprime en las erupciones volcánicas, como sucedió en el Vesubio y Montenuovo y en la llanura en que apareció el Jorullo y los numerosos conos ú hornitos que le precedieron, no nos parecerá violento referir estos movimientos lentos de los continentes á la misma causa que en otros casos determina terremotos y erupciones volcánicas de todos géneros. ¿No es por ventura la misma fuerza la que dobla el arco insensiblemente, y la que pasados ciertos límites no pudiendo aquel seguir el movimiento se rompe brusca é instantáneamente? El Sr. Keilhau en confirmacion de esta idea, dice que los cambios de nivel que hoy se observan en la Península escandinava, están íntimamente enlazados con los terremotos bastante frecuentes en dicha region.

D. Fuentes termales.

Las fuentes termales, que son aquellas cuya temperatura es superior á la del medio ambiente, pueden considerarse, si se quiere, como otra manifestacion volcánica, ó por lo menos como un fenómeno á cuya produccion contribuye eficazmente la accion del calor central (1). Esto lo confirma el grado de calor de dichas aguas, constante é independiente del de la atmósfera; su posicion en los alrededores de los terrenos volcánicos ó cristalinos, y en especial la observacion hecha por Bousingault, de que su temperatura disminuye en razon directa de la altura á que se encuentran. Este célebre físico cita en su apoyo

(1) Un hecho curioso é importante corrobora plenamente esta idea, y es el siguiente: en la famosa erupcion del Jorullo, ocurrida en las llanuras de Méjico en 1759, los rios Cuitimba y San Pedro se perdieron en el abismo, para reaparecer sus aguas mas abajo, constituyendo la fuente termal mas considerable del globo, pues da un chorro de 25 piés, y su temperatura marca 53°.

la fuente de Trincheras, cerca del Puerto Cabello (América del S)., que casi al nivel del mar goza de 97° de calor, y la compara con la de Mariana, que á 476 metros sobre el Océano solo ofrece 64°, y la de Orcato, que á los 702 metros no pasa de los 44° 5′.

La mayor parte de los filones metalíferos son resultado de las aguas minerales y termales, como veremos en la *Geología industrial*; de consiguiente, bajo este punto de vista pueden considerarse tambien como manifestaciones volcánicas mas ó menos directas.

El célebre Humboldt, á cuya gran sagacidad nada escapó, en su famosa obra titulada *Cuadros de la Naturaleza* dice, en apoyo de esta idea, que toda la parte oriental del continente americano, tan pobre en metales, se encuentra hoy privada de formaciones volcánicas, hallándose estas concentradas en la costa occidental.

En cuanto al incendio espontáneo de las rocas combustibles, como la *antracita*, el *carbon* ó *ulla* y el *liquito*, si bien puede considerarse embebido en este artículo, por cuanto se refiere á la temperatura de materiales que entran en la composicion del globo; sin embargo es un hecho aislado y debido principalmente á la descomposicion de las *piritas* cuando abundan en dichas rocas. Para que este fenómeno se verifique se necesita el contacto de las materias combustibles piritosas con la atmósfera, y generalmente se observa en los grandes depósitos de combustibles al aire libre, y mas comunmente en las minas abandonadas. Se citan ejemplos extraordinarios de este hecho, y entre éllos merece especial mencion el de la mina de *ulla* de Planitz en Sajonia, que hace mas de tres siglos está impracticable por el incendio.

E. Causas del volcanismo.

Todas las teorías que sucesivamente se han inventado para explicar los efectos de funciones tan terribles, se pueden reducir á teorías químicas, geodinámicas, dinamico-químicas y geo-cósmicas. Si mi objeto fuera analizar y discutir las bases sobre que se funda cada una de estas hipótesis, y hacer alarde de erudicion, hablaria de la de Lemery y de su famoso volcán artificial fundado en la descomposicion de las piritas; de la que reinó en la escuela Werneriana, que creyendo insuficiente la anterior hizo intervenir á los carbones y aceites minerales para la explicacion de tales fenómenos; de la de Buffon y Breislak, y de nuestro célebre Feijóo que suponian la inflamacion de semejantes sustancias determinada por la electricidad y magnetismo terrestre; de las del ilustre químico inglés Davy y del gran Gay-Lussac que los expli-

caba por la descomposicion de las bases alcalinas sodio y potasio con los cloruros, haciendo intervenir de un modo muy directo á las aguas del mar. Pero como todas estas hipótesis pecan por su base refiriendo los fenómenos volcánicos á causas y puntos muy circunscritos, sería casi perder tiempo en ello despues de haber insistido tanto en la demostracion de que lo mismo el plutonismo con la formacion de sus cordilleras y sistemas de montañas, que el volcanismo en todas sus multiplicadas manifestaciones están íntimamente enlazados entre sí y con una causa comun y general residente, á no dudarlo, en el interior del globo. Y si no, ¿cómo por causas locales y tan insignificantes por otra parte podria explicarse la direccion, ó mejor la orientacion de todas las cordilleras que constituyen un sistema; la analogía de circunstancias que se nota entre las montañas antiguas y las volcánicas; la correlacion que hemos hecho notar entre la distribucion geográfica de los volcanes y terremotos, y mil otras particularidades que distinguen á los efectos de la dinámica terrestre?

Así que, prescindiendo de hacer el juicio crítico y la refutacion de semejantes hipótesis, me concretaré á examinar las diversas variantes que han creido deber introducir los geólogos mas eminentes de la época en la causa verdadera eficiente de todos estos fenómenos; es decir, en el calor central del globo.

Las teorías geodinámica, dinamico-química y geo-cósmica, se fundan en la actividad propia de la tierra dependiente del estado ígneo de su interior; diferenciándose únicamente en que la primera solo hace intervenir á esta causa, mientras que en la segunda se la auxilia con los efectos de las reacciones químicas, y la tercera llama á concurso tambien la atraccion lunar y solar sobre el interior incandescente del globo.

Teoría geodinámica.

Dos variantes ofrece, por decirlo así, la teoría geo-dinámica: la una inventada por el Sr. Cordier, catedrático de Geología en el Museo de ciencias naturales de París, y la otra debida á los autores del mapa geológico de Francia, señores Dufrenoy y Elie de Beaumont, adoptada por Debuch, Humboldt y muchas otras lumbreras de la ciencia.

Teoría de Cordier.

El primero de estos ilustres geólogos, admitiendo cierta flexibilidad en la costra exterior del globo, refiere todos los fenómenos volcánicos á su enfriamiento sucesivo, es decir, que para él estos son simples efectos termométricos. El enfriamiento sucesivo de la tierra determina una notable retraccion mas marcada en su costra exterior que en la masa central, causa que unida á la disminucion de la capacidad de esta misma capa sólida á medida que el núcleo se desvia de la forma esferoidal pri-

mitiva, determina una presion extraordinaria sobre las materias flúidas ó pastosas del interior, que rompiendo la costra algun tanto rajada ya por el enfriamiento, da lugár, segun las circunstancias particulares que concurren, á las diversas manifestaciones volcánicas.

Esta explicacion, por mas ingeniosa que sea, y á pesar de apoyarla su autor con razones muy plausibles, como por ejemplo: la de que la contraccion capaz de disminuir el radio terrestre de un milímetro, basta para determinar trescientas erupciones violentísimas, no consigue darnos razon por sí sola, no digo de los fenómenos volcánicos en general, sino que ni aun de los que se observan en una erupcion, pues por lo menos faltaria saber cómo por esta única causa se verifican las reacciones químicas que en ellas se operan.

Teoría de E. de Beaumont.

La segunda variante de esta teoría debida á E. de Beaumont y Dufrenoy, recientemente puesta en claro y confirmada por el Sr. Martha Beker, se funda principalmente en la accion de las sustancias gaseosas que deben ser muy abundantes en el interior del globo, á juzgar por las que aparecen en las erupciones volcánicas.

Sabido es que los líquidos en general gozan de la propiedad de disolver los cuerpos sólidos y los gaseosos, y que en determinadas circunstancias, hijas de la disminucion de la temperatura ó de la presion, los gases vuelven á su primitivo estado molecular. Las burbujas de aire encarceladas en el hielo, y las que se escapan de un mineral cuando pasa del estado flúido al sólido, confirman plenamente este principio general de física. Tambien es muy conocido de todo el mundo el desenvolvimiento de gases en un líquido por la disminucion de la presion.

Ahora bien, si el enfriamiento de la masa pastosa ó flúida interior por un lado, y la disminucion de la presion por otro en lo que se llama foco de los volcanes, determina la formacion de materias gaseosas; la accion de estas es capaz de producir todos los efectos volcánicos.

Teoría del señor Martha.

El Sr. Martha Beker, partiendo del mismo principio, ha puesto mas en claro todos los hechos que de él derivan, admitiendo la existencia de una atmósfera subterránea compuesta de los gases que se desarrollan entre la capa consolidada y el núcleo pastoso ígneo interior del globo; espacio en el que supone que la materia afecta un estado intermedio entre la incandescencia y la solidificacion completa, y lleno de cavidades irregulares que pueden considerarse como otros tantos recipientes de gran tension. La diferente fuerza de esta atmósfera, determinada principalmente por la topografía subterránea, en la que necesariamente han de figurar como elementos principales las cavidades enormes y la

irregularidad que el enfriamiento sucesivo imprime á la parte interior de la capa consolidada del globo, explica satisfactoriamente, segun este geólogo, todas las manifestaciones volcánicas.

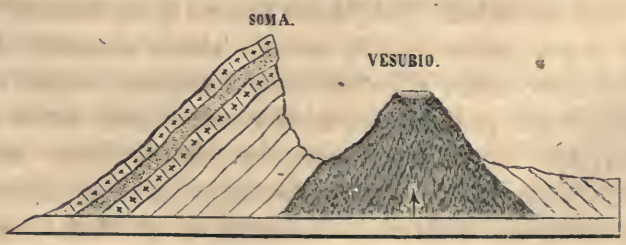
Así es que los levantamientos, primer efecto de la dinámica terrestre, se explican, segun esta teoría, por la accion combinada de la tension de los gases que obran contra una costra sólida de desigual fragilidad por el enfriamiento sucesivo, combinada con la multiplicacion de las cavernas interiores y la fuerza de la gravedad dirigida al centro de la tierra; pues llega un momento en que superando á la fuerza de cohesion que unia antes las moléculas de la misma costra exterior, esta se fractura siguiendo un gran círculo de la tierra en razon á su forma esferoidal. Una vez rota la costra, esta cae sobre el núcleo interior, cuya materia ígnea, apareciendo por los bordes de la fractura misma, los levanta é imprime una modificacion mas ó menos profunda en su aspecto físico y hasta en su propia composicion química.

En esta idea se funda la teoría de los cráteres de levantamiento y de erupcion, y el metamorfismo de las rocas que explicaremos mas adelante. Llámase cráter de levantamiento, expresion impropia si se quiere, cuando la materia ígnea solo ha levantado los estratos sin salir al exterior, como demuestra la

Figura 4.ª

y de erupcion, cuando aquella separando las capas se manifestó al exterior como se ve en la

Figura 5.ª



Los temblores de tierra ó terremotos, segundo efecto de la actividad terrestre, encuentran una explicacion satisfactoria en la contraccion determinada por el enfriamiento, auxiliada de la tension atmosférica subterránea. Aquella determina de vez en cuando nuevas rasgaduras ó grietas, y la formacion de grandes vacíos y cavernas, en las que chocando atmósferas de presiones diferentes, perdida, por decirlo así, la tension que encarcelaba á los gases dentro de aquel mar de fuego, aquellos se agitan, y la superficie de este entra en una terrible y espantosa ebullicion. De aquí resultan cámbios repentinos en las tensiones y un desórden atmosférico general en el abismo. Todo este asombroso conjunto de fenómenos, muy natural partiendo del principio sentado, no puede verificarse sin producir una comocion proporcionada á la violencia de aquellos; comocion que, como hemos indicado al tratar de los terremotos, es la causa primera de estos movimientos del suelo. El estado particular en que se encuentra la materia entre el núcleo interior y la capa sólida hace que estos efectos se noten poco en ella; mas no así en la costra exterior, cuyos materiales se prestan á recibir el choque y á trasmitirlo luego de capa en capa y de cavidad en cavidad. Los terremotos, que explicados de este modo pueden considerarse como efectos de grandes tormentas subterráneas, deben extenderse tanto mas cuanto mayor sea el número de galerías ó cavernas interiores que comuniquen con el punto de la primera sacudida. A cada anfractuosidad que encuentran á su paso las olas de tan tumultuosa corriente, se verifica ó produce una repercusion y un sacudimiento terrible que agita y hace temblar mas profundamente la bóveda sólida exterior.

Segun esta teoría, la configuracion subterránea puede apreciarse por el estado de calma ó de agitacion de la superficie; hallándose atormentadas las que corresponden á puntos desiguales y cavernosos, al paso que gozan de calma aquellas que están colocadas sobre masas llenas y compuestas de sustancias pastosas intermedias. Tal es bajo este punto de vista el contraste que forma la Calabria y toda la Italia en general, la Turquía, el Archipiélago indio y la América meridional comparadas con la quietud ó tranquilidad de la Francia, de la Alemania y del N. de Europa.

Tambien explica esta hipótesis todo lo que dijimos caracterizaba á los terremotos, á saber: el presentarse de una manera súbita sin carácter alguno de periodicidad; el atacar de preferencia á ciertas y determinadas localidades; el notarse instantáneamente en regiones las mas lejanas del punto de la primera comocion, dejando á veces libres regiones

muy inmediatas. Todo esto lo explica la diferente configuracion interior, ó en otros términos la topografía subterránea.

No es esta, sin embargo, segun el mismo autor, la causa única de los terremotos; existiendo otras que aunque no tan poderosas y generales, pueden determinar los mismos efectos. Entre estas causas secundarias, por decirlo así, deben señalarse la existencia á grandes profundidades de depósitos de agua sometidos á presiones y temperaturas considerables que tienden á evaporarse; pues en el momento en que las paredes de semejantes receptáculos adelgazadas por cualquier causa dejan de ofrecer la resistencia conveniente, se rompen y precipitan, haciendo enseguida irrupcion grandes torrentes de vapor en la excavacion misma, rechazando á la atmósfera con violencia y aumentando la tension que determina un sacudimiento, orígen de todo terremoto. Tambien puede ser una causa enérgica de poderosas vibraciones subterráneas la naturaleza química de semejante atmósfera compuesta de gases tan diferentes en el momento en que su mezcla puede hacerse detonante, ó bien dar lugar á combinaciones mas ó menos complexas.

Además, y aunque la naturaleza de semejantes gases nos sea completamente desconocida, no podemos menos de suponer que ejercen sobre las paredes de las cavidades que los contienen una accion mecánica y química á la vez. Esta accion combinada tiende, favorecida por la elevadísima temperatura de aquellas regiones, á corroer y fundir las paredes laterales, á ensanchar las cavidades y á conservar el estado de fluidez y de ebullicion incesante que debe ofrecer el mar interior incandescente. Esta alteracion de la roca fundamental del globo, que algunos creen ser el granito, determina un metamorfismo tal, que origina las traquitas, los basaltos y las lavas con todos los demas productos de erupcion.

En cuanto á las oscilaciones lentas de los continentes, tercera manifestacion volcánica, cree el Sr. Martha que son debidos simplemente á los esfuerzos graduados que la contraccion de un enfriamiento desigual imprime á la costra sólida del globo segun el espesor de los pisos de que consta, y hasta la propia latitud del punto en que se observan.

Esta contraccion que no es igual á la de la masa interior, ó tiende á separar y desunir la costra sólida, en cuyo caso determina hundimientos como se observan en la Groenlandia; ó por el contrario, á apretar mas y mas la capa exterior, y entonces se originan los levantamientos de la costa de la Suecia y Escocia por ejemplo: Ninguna ó muy escasa

influencia concede este geólogo á la atmósfera subterránea en semejante fenómeno.

Por último, las erupciones volcánicas en todas sus modificaciones, así como los accidentes que las preceden, caracterizan y acompañan, encuentran tambien en esta brillante teoría su satisfactoria y cumplida explicacion.

Así, por ejemplo, la desaparicion de las fuentes y del agua de los pozos en los alrededores del volcan, uno de los signos precursores de las erupciones, se explica por la elevada temperatura de la columna ascendente de materia ígnea, que al forzar el paso para su salida calienta las paredes de las grietas por donde antes salia el agua, y esta desaparece al tomar el estado de vapor. Además, los primeros sacudimientos siempre determinan dislocaciones que, por pequeñas que sean, desvian de su direccion primitiva las aguas corrientes. De manera que parte de estas se evaporan, y el resto se pierde por la dislocacion del terreno.

La cantidad prodigiosa de vapor de agua que sale ó aparece en estos paroxismos terrestres, así como las erupciones fangosas que á veces se notan en algunos volcanes, y que forman uno de los caractéres mas notables de casi todos los de Java, son el resultado, segun este geólogo, de la mucha cantidad de agua que por filtraciones exteriores ó subterráneas penetra en las grandes cavidades ó en las rocas mas ó menos porosas del volcan; agua que poniéndose en comunicacion con la chimenea ó cráter en el momento de la erupcion, é impelida por la elevada temperatura y gran presion que allí reina, da lugar á la columna de vapor, la mayor parte acuoso, que sale por la cima, y tambien á las erupciones é inundaciones fangosas tan terribles á veces para los habitantes de las comarcas vecinas.

La salida de otros vapores de naturaleza muy diversa, y la de las cenizas de la lava, tambien se comprende perfectamente segun esta teoría, y lo que es mas, hace ver la relacion que tienen todos estos fenómenos con las fuentes minerales y la formacion de los filones.

Con efecto, como consecuencia natural de los levantamientos, debieron quedar necesariamente abiertas una multitud de grietas ó hendiduras para la expansion y salida de los gases. Estas chimeneas primitivas que se encontraban de preferencia siguiendo la direccion de las grandes fracturas producidas por los levantamientos, como lo comprueba la distribucion geográfica comparada de las cordilleras antiguas con las volcánicas, y la posicion de los filones metalíferos, han sido

igualmente el punto de arranque de la mayor parte de las excavaciones subterráneas en que tiene asiento la causa eficiente de todas las manifestaciones volcánicas.

Ahora bien: los vapores de todas especies, verdaderas emanaciones del foco de incandescencia, desarrollados por el calor y el vacío, penetraron por semejantes grietas tapizándolas mas ó menos completamente con las sustancias que llevaban en su seno, dando de este modo lugar á los filones metalíferos. Esta operacion, unas veces era efecto de condensaciones parciales, lentas y sucesivas; otras por el contrario resultado de reacciones electro-químicas. Pero estas eflorescencias y depósitos químicos no son los únicos productos de semejante accion interior, sino que las grietas ó hendiduras debieron estar cubiertas de materia incandescente arrojada por la fuerza de ebullicion interior, y ora fuera por esta causa, ora por la interposicion de algun fracmento de lava enfriada, ó tambien por el hundimiento de sus paredes, el conducto de la chimenea tendia á obstruirse.

Si por esta accion disminuyó el diámetro de la chimenea, el volúmen de la corriente ascendente se redujo tambien, desarrollándose en razon inversa la tension de la atmósfera subterránea. El flúido aeriforme condensado bajo la influencia de tan poderosa causa, y comprimido en el foco del volcan y á lo largo de las estrechas galerías subterráneas forma remolinos, y agitándose sin cesar determina choques y sacudidas que estremecen y agitan el terreno sobrepuesto. Estos precisamente son los primeros síntomas de la mayor parte, por no decir de todas las erupciones, á los cuales siguen otros determinados por la accion de los mismos gases subterráneos que no cesan hasta vencer la resistencia y abrirse paso al exterior. Entonces, siendo brusco el tránsito del estado flúido al gaseoso, se precipitan á través de las hendiduras en cantidades prodigiosas arrastrando consigo todas las sustancias minerales que antes las obstruian mas ó menos completamente. Esto da lugar á la salida de materias gaseosas y líquidas, y tambien á las sólidas mas ó menos atenuadas por el choque y trituracion que allí experimentan. Pero el volcan no arroja solo cenizas y lapilli, sino que al menos en las erupciones comunes sale tambien lava, ora en forma de corriente, ora en fragmentos irregulares lanzados por la fuerza explosiva. Esto se explica por la ebullicion que se determina en el mar incandescente en el momento de abrirse la comunicacion con el cráter del volcan; pues atraida su superficie por una especie de fuerza aspirante ó absorbente, y arrastrada despues por el movimiento general hácia la chimenea, la

va llenando poco á poco hasta que encuentra un punto de menor resistencia, ó hasta rebasar los bordes del cráter cuando no es arrojada por la accion propia de los gases comprimidos al vencer la gran presion que ella le ofrece.

De aquí se deduce, que los volcanes aislados y de poca elevacion como el Vesubio, el Etna y el Ecla, pueden presentar corrientes de lava con mas frecuencia que los de una altura enorme, ó los alineados como los de la cordillera de los Andes, pues en estos la columna inmensa de materias en fusion, raras veces puede llegar á su elevada cima. Cuanto mayor es el número de bocas ó cráteres en actividad, relativamente á la superficie que ocupan, tanto menor es la accion expansiva, y el poder de la atmósfera subterránea; y en este caso, solo se pone de manifiesto por columnas de vapor y por torbellinos.

Si en vez de dificultarse mas ó menos el paso de las sustancias gaseosas del interior, se obstruye por completo el conducto ya sea por el hundimiento del cráter, ó por la consolidacion de una calota enorme de lava, en este caso el volcan suele permanecer apagado á veces por siglos enteros, como sucedió en la Somma antes de la aparicion del Vesubio; hasta que abiertas de nuevo otras grietas por causas análogas, sino idénticas á las que van mencionadas mas arriba, vuelve á entrar el volcan en actividad. Sin embargo, como un gran cataclismo puede muy fácilmente cambiar por completo las condiciones de la Topografía subterránea en un punto dado, es fácil tambien que aquella region, teatro antes de repetidos sacudimientos y verdaderas erupciones, deje de serlo y entre en un estado permanente de calma. Tal es el caso de los volcanes apagados, en cuyas comarcas son tambien muy raros los terremotos en confirmacion de esto mismo.

Aquí dariamos fin al exámen que nos propusimos hacer de las teorías volcánicas, supuesta la facilidad con que por medio de la que acabamos de exponer se explican todas sus manifestaciones refiriéndolas á una causa comun. Pero como ofrecimos hablar de las teorías dinamico-química y geo-cósmica, conviene que nos detengamos un momento en exponer sus bases fundamentales con tanto mayor motivo cuanto que lejos de oponerse á las geo-dinámicas indicadas, son su complemento, partiendo sus autores del mismo punto; es decir, del orígen ígneo del globo y del estado actual incandescente de su interior.

Teoría dinámico-química.

Conociendo algunos geólogos, y entre ellos el desgraciado Pilla, la insuficiencia de las teorías químicas y dinámicas, consideradas aisladamente, creen y con fundamento, que en la combinacion de entrambas

está la verdadera explicacion de todas las manifestaciones volcánicas. Partiendo de este principio, Pilla dice que la sola accion de una elevadísima temperatura en el interior de la tierra no es bastante á explicar la accion volcánica; y que se necesita, de consiguiente, una causa excitante. Esta causa la refiere el indicado geólogo, al contacto del agua, principalmente de la del mar, con los cuerpos ardientes dotados de gran afinidad con el oxígeno, afinidad no satisfecha por las circunstancias en que se encuentran. De manera que puede suponerse que en la masa candente del globo se encuentran varios metales terrosos y alcalinos, y muy particularmente el silíceo, en estado de inoxidacion é incandescencia, sobre los cuales obrando en determinados casos el agua del mar ó la comun, esta se descompone dando lugar á un fermento, causa primera y orígen de los fenómenos volcánicos para los cuales se halla ya preparada la tierra por los resultados del sucesivo enfriamiento de su costra ó capa exterior.

Esta hipótesis se funda principalmente en la comunicacion, cualquiera que sea el modo de verificarse del agua del mar con el interior del globo, hecho que no todos admiten, y que la existencia de volcanes verdaderamente continentales, como los de la China, parece rechazar. Pero además de que Pilla trata de persuadir al lector de la posibilidad de que semejante comunicacion exista, se apoya tambien en que por este medio se explican perfectamente la mayor parte de las numerosas sustancias, como el hidrógeno que se consume por la combustion, los ácidos clorhídrico y sulfídrico, el cloruro sódico, la gran cantidad de agua y otras que aparecen en las erupciones.

Teoria geo-cósmica.

Por último, la teoría geo-cósmica, inventada por el ilustre Perrey de Dijon, parte, como las anteriores, del orígen ígneo del globo y de su sucesivo enfriamiento, difiriendo tan solo en suponer la existencia de mares interiores incandescentes, que, hallándose sujetos á la atraccion lunar y solar, provocan las diversas manifestaciones volcánicas. Los datos sobre que este célebre físico funda su ingeniosa teoría, son las numerosísimas observaciones que con gran celo y asiduidad ha recogido acerca de los terremotos; observaciones publicadas en las *Memorias de la Academia Real de Bruselas* y en otros resúmenes ó revistas científicas, y en las cuales ha notado una admirable coincidencia entre esta manifestacion volcánica y las mareas exteriores que, como todo el mundo sabe, son hijas principalmente de la atraccion lunar y solar. Esto le ha servido para fundar la ciencia llamada Seísmica, y la teoría que en breves palabras acabo de exponer, á la cual como se com-

prende á primera vista, le falta esa parte química que con tanta razon quiere Pilla y exige hoy la ciencia para darse razon ó explicar la formacion de los numerosos, variados é importantes productos minerales que vemos hoy en el seno de las rocas volcánicas modernas, y que en tiempos anteriores constituyeron las grandes masas y los filones con las gangas que los encierran (1).

De todos modos, y sea cual fuere de entre estas teorías la mas plausible, lo cierto é importante es que las que hoy reconoce la ciencia como mas ciertas, filosóficas y aceptables son las que se fundan en el orígen ígneo del globo y en la lucha que el sucesivo enfriamiento de su capa exterior determinó entre esta y la natural expansion de los gases encarcelados. Admiremos de paso la gran sagacidad del oráculo de Berlin al definir el volcanismo de una manera tan sublime y exacta á la vez, y de la que tantos adelantos ha reportado la ciencia geológica en los tiempos modernos.

El excesivo desarrollo que al parecer se ha dado al artículo *Volcanismo* queda plenamente justificado con solo fijar por un momento la atencion en sus numerosas aplicaciones.

El volcanismo es la clave de la historia física de la tierra.

En primer lugar, de todo lo expuesto se deduce claramente que este es el verdadero punto de partida, y por decirlo así la clave de la larga série de fenómenos que se refieren á la historia física de la tierra, y en especial á la de los primeros períodos.

El levantamiento y aparicion de las cordilleras de montañas, tan enlazada con la de los volcanes, y de las oscilaciones de los continentes, prueba que es debida á la misma causa que estos, sin desconocer por eso que tambien hay otras que pueden producir los mismos efectos, como se verá mas adelante.

Por otro lado, el cuadro imponente de una erupcion volcánica ó de un terremoto, y los efectos que determinan en la superficie del globo, que agitada contínuamente por la accion de diversos y variados agentes tiende siempre al proteismo mas curioso, llama la atencion del filósofo observador, y le persuade de la importancia que tiene el conocimiento de este órden de cosas.

Además el volcanismo en sus variadas formas y accidentes, ofrece un vasto campo en donde se ven confirmadas las mas bellas concep-

(1) El gran Humboldt, á cuya gran penetracion nada se escapó, dice en sus encantadores *Cuadros de la Naturaleza*, hablando del volcanismo: «Todos estos fenómenos prueban que las fuerzas subterráneas se manifiestan dinámicamente en los temblores de tierra, y químicamente en los volcanes.»

ciones de la Física y de la Química; siendo al mismo tiempo una fuente perenne de hechos nuevos y curiosos que tanto nos ilustran acerca del orígen de todos los acontecimientos que se han realizado en la superficie de nuestro planeta.

Las aplicaciones á la Agricultura, á las Artes é Industria, no ofrecen menos interés que las especulaciones puramente científicas que acabamos de indicar. Así es que los volcanes suministran multitud de materias susceptibles de explotacion que conviene indicar para corresponder al objeto de esta obra.

En los países de volcanes en actividad, ó de azufrales, los habitantes á fuerza de observar han llegado á reconocer que ciertos cambios en la columna de humo, ó en los temblores de tierra &c., indican tal ó cual variacion atmosférica; y por consiguiente bajo este supuesto, los volcanes pueden servir de barómetros, y como á tales ser útiles al agricultor y con mas frecuencia al navegante. Tal vez no tenga otro fundamento la historia del Dios Eolo, sino el de ser este un habitante ilustrado de Stromboli, que fundado en la observacion de aquel volcan tan curioso, predecia los vientos que habian de reinar. El célebre viajero Humboldt, dice que en la América del S. los temblores de tierra son considerados como un gran beneficio, pues casi siempre van acompañados de copiosas lluvias. En la provincia de Murcia se cree que las aguas preceden á los terremotos, de donde ha nacido la idea de que aquellas son la causa de estos, lo cual no es exacto. Además las erupciones contínuas ó periódicas, separadas por pequeños intervalos, pueden servir como de faro, sin que le cueste al país ni la construccion del aparato, ni su conservacion y servicio, como sucede con Stromboli, cuyas llamaradas desempeñan este oficio desde la época de Homero hasta hoy sin interrupcion.

El *alumbre* ó sulfato doble de *alúmina* y *potasa*, resultado de la descomposicion de las rocas, el *azufre*, el *ácido bórico*, el *cloruro de amoniaco*, el *yeso* en algunos, y una infinidad de minerales preciosos que se expenden en el comercio con destino á las colecciones científicas, son muy comunes en todos ó en la mayor parte de los volcanes activos ó apagados y en los *azufrales* y *sofionis*.

Además la *lava*, la *traquita*, el *basalto* y una porcion de sustancias que daremos á conocer en la Geognosia, en estado de integridad se emplean como excelentes piedras de construccion y para el empedrado; la *piedra pomez*, además de servir para pulimentar la madera y las piedras, es la sustancia que reune mejores condiciones

para las bóvedas, pues unida á la solidéz, su ligereza y porosidad permiten la penetracion del mortero ó cemento, con el cual llega á formar una sola pieza. La arena y ceniza volcánica y el lápilli, tambien suministran una especie de mortero hidráulico, que bajo el nombre de *puzolana* lo emplearon los antiguos y aun los modernos con grande éxito.

De la *obsidiana*, otro producto volcánico, se han servido con bastante buen éxito en Nápoles para la fabricacion del vidrio.

La descomposicion de casi todos los productos volcánicos da por resultado en algunos puntos á una especie de arcilla de porcelana ó *kaolin* excelentes; y en todos una tierra vegetal asombrosa por su fertilidad, como lo acredita el orgullo de la vegetacion y lo exquisito de los frutos en dichas regiones.

El agricultor puede en consecuencia sacar partido de este hecho importantísimo, sirviéndose del detritus de las rocas volcánicas como de un gran mejoramiento y un abono especial para la vid, el olivo, el algarrobo y los cereales.

Por último, el volcanismo, así el antiguo como el moderno, contribuye con la salida de materiales del interior á restablecer el equilibrio que la destruccion de las rocas por las aguas y su acarreo al fondo del mar parecia amenazar ó destruir.

Artículo 2.º

Causas externas aéreo-neptúnicas.

Este artículo se divide naturalmente en dos secciones, la una destinada á estudiar los efectos de la accion de la atmósfera sobre la superficie del globo, y la otra á hacer lo propio respecto de las aguas en todos sus estados.

SECCION PRIMERA.

Accion de la atmósfera.

Composicion de la atmósfera.

La atmósfera, esa inmensa capa gaseosa que rodea al globo y que nos circunda por todas partes, formada de una mezcla de 20,90 en volúmen de oxígeno y de 79,10 de ázoe, raras veces se halla en un estado absoluto de calma, siendo lo normal y regular que haya algo de agitacion en su masa.

Este movimiento, en el que las partículas gaseosas que la componen se trasladan de un punto á otro con mayor ó menor velocidad, es lo que se llama *viento*, el cual, segun el espacio que recorre en un tiempo dado, por ejemplo en un minuto segundo, recibe las denominaciones indicadas en el siguiente cuadro: Vientos.

CLASIFICACION DE LOS VIENTOS.

Ordinario, recorre	10 piés por segundo.
Fuerte	35
Tempestuoso	54
Huracan	60 á 120.

Considerados los vientos bajo el punto de vista de su direccion, se dividen en tantos cuantos son los puntos cardinales del horizonte, como del N., del S., del E. y del O., y además los intermedios á estos cuadrantes constituyen la rosa de los 32 vientos.

Hay vientos que siguen siempre una misma direccion de Levante á Poniente dentro de los trópicos, y se les llama *constantes*, ó simplemente *alisios*. Vientos constantes.

Hay otros que corren seis meses del mar á los continentes, y otros seis de estos á aquel: estos son los vientos *periódicos* ó *monzones*; se notan principalmente en el golfo de Bengala y en el de Méjico. Otro viento periódico se conoce con el nombre de *harmatan*, que corre en ciertas épocas del año del interior de Africa hácia el Océano atlántico. Periódicos ó monzones.

Las *brisas* son vientos *regulares* que corren de dia en direccion de los continentes, y de noche hácia los mares. Brisas.

Por último, hay vientos *irregulares*, que no siguen ó no están sujetos á regla alguna. Vientos irregulares.

La atmósfera obra sobre la tierra física y químicamente.

La accion mecánica de la atmósfera, aunque mas ruidosa y eficaz en apariencia, es bien inferior en el fondo á la química: redúcese á desmoronar la parte mas culminante de los continentes y la superficie de aquellas rocas que ofrecen poca coherencia, trasladando la porcion mas ténue de estos materiales á puntos mas ó menos lejanos. El único resultado notable de esta accion, combinada con la del mar. Accion mecánica de la atmósfera.

Médanos. es lo que se conoce con el nombre de *médanos*, especies de colinas de formas muy variadas que se encuentran en las costas planas y arenosas en que reinan vientos, si no constantes, por lo menos periódicos ó regulares en direccion del continente.

Los *médanos*, lejos de estar fijos en las costas, amenazan con su marcha rápida é invasora las tierras cultivadas, reduciéndolas á la esterilidad y matando toda la vegetacion. Bremontier supone que las de la Gascuña (Francia) avanzan á razon de 20 metros por año; y aunque este cálculo parece exagerado, lo cierto es que su marcha invasora es terrible. Conviene, pues, oponer un dique á este azote de la Agricultura, fijando la arena por los medios que la ciencia suministra hoy dia. El nombre de tan ilustre francés se eternizará justamente en los anales de la historia por haber consagrado toda su existencia al estudio de este fenómeno, y por haber salvado al gran departamento de las Landas de una ruina cierta é inevitable por medio de plantaciones hábilmente dirigidas y con una perseverancia á toda prueba.

En los desiertos es muy palpable esta accion. En los grandes desiertos del Asia y Africa es donde se notan mejor y en mayor escala los efectos de la accion mecánica de la atmósfera levantando y agitando las arenas que amenazan sepultar en su seno, cual un mar embravecido, á las tristes y desconsoladas caravanas.

Huracanes. Además de esta accion, la atmósfera en los huracanes produce la destruccion de los edificios y de bosques enteros; contribuye á agitar las aguas del mar, cuya accion sobre las costas es incalculable; y por último, en momentos de extremada violencia llega á desprender y trasportar á grandes distancias pedazos inmensos de rocas.

Accion química de la atmósfera. La accion química de la atmósfera, infinitamente mas poderosa que la mecánica, consiste en la destruccion y descomposicion de las rocas, de las que en rigor puede decirse que no hay una sola que la resista.

La atmósfera contiene en su seno los agentes de tan poderosa é incesante accion: el oxígeno, el ácido carbónico, el agua en forma de vapor, las sustancias amoniacales y otras, favorecidas poderosamente por la influencia del calor y de la electricidad son los principales.

Esta accion es universal. Para persuadirse de la universalidad de esta accion destructora de la atmósfera, basta fijar la vista en el estado que ofrecen las rocas, de cualquier naturaleza que ellas sean, en una cordillera de montañas, ó en las señales de desmoronamiento y ruina que presentan los edificios públicos, los monumentos mas sólidos y hasta las estátuas de metales ó piedras duras que la ostentacion del hombre erige en parajes públicos como objeto de adorno ó de utilidad.

Pero en esta obra, que aunque de destruccion bien podria llamarse de reconstruccion, pues los materiales desgastados en un punto se acumulan en otro para dar existencia á combinaciones nuevas, se observa ese círculo maravilloso que la Naturaleza, siempre ávida de la estabilidad en la movilidad de sus diferentes elementos, nos ofrece á cada paso. Con efecto, la atmósfera con su oxígeno y el vapor de agua, empieza por desgastar las partes mas culminantes de los continentes, encargándose á su vez el agua de trasportar aquellos materiales al fondo de los mares y lagos, en donde terrenos y rocas nuevas renacen, cual otro fénix, de los restos de aquellas. Parece que el Océano, en ese círculo maravilloso, solo presta la masa inmensa de vapor que se escapa de su superficie á título de devolucion; encargándose el mismo agente, el agua, al tomar la forma líquida, de restituir á su seno los materiales que contribuyó á destruir, rescatando, por decirlo así, los materiales que sacuden su yugo, ya sea en las erupciones submarinas, ya en los levantamientos lentos de los continentes.

Los elementos de destruccion que encierra la atmósfera poseen, además de su poder químico, un estado molecular el mas á propósito para ejercer la accion que les está encomendada; pues presentándose en forma de vapor, no solo revisten á todas las rocas, sino que penetran hasta lo mas íntimo de su masa.

En cuanto al mecanismo especial de esta accion, será menester referirlo á las determinadas sustancias sobre que obra, siquiera sea por la claridad, ya que, á medida que estas varian, aquella se modifica tambien.

Alteracion del hierro.

Uno de los cuerpos esparcidos con mas profusion en la costra de nuestro globo es el hierro, unas veces como sustancia especial é independiente, otras como principio tintóreo de las rocas; así es que en la mayor parte de estas empiezan su descomposicion por la metamórfosis de los óxidos de este metal.

Estos, en presencia de los ácidos carbónico ó sulfúrico, gozan de la propiedad de descomponer el agua, tomando el aspecto y condiciones de una sal hidratada. Así es que por la accion del oxígeno y del vapor de agua pasan muy pronto á un hidrato de peróxido, el cual determina la destruccion, primero mecánica y despues química, de las sustancias que lo contienen. Esta es la razon de la abundancia de los ocres en la Naturaleza; pues en último resultado, y segun veremos en el artículo *Rocas*, estos no son sino arcilla teñida por el hierro hidratado ó anhidro en proporciones diversas.

Destruccion de las calizas.

Otra de las sustancias importantes bajo este punto de vista, es la caliza. Los agentes atmosféricos la corroen en virtud del ácido carbónico que contienen: sabido es que el carbonato de cal, cuando lleva exceso de ácido, es soluble. El ácido carbónico que siempre arrastran las aguas de lluvia satura dichas rocas, y determina una corrosion que es muy curiosa, representada por surcos mas ó menos profundos que, partiendo de la parte mas culminante de las peñas, se extienden en todas direcciones, dando á la masa, y á veces á la montaña entera, un aspecto muy particular. Pero los materiales arrastrados por el agua llegan despues á un punto en donde el ácido carbónico se desprende, y allí la caliza, insoluble otra vez, se deposita alrededor de los objetos que encuentra, cubriéndolos de una capa que por esta razon recibe el nombre de caliza incrustante. De modo que tampoco hay en este caso verdadera destruccion, y sí solo cambio ó traslacion de la materia de un punto á otro.

Reconstruccion de las calizas.

Destruccion de las rocas feldespáticas.

Pero entre las rocas las que desempeñan el papel mas importante en la composicion del globo son las feldespáticas, como el *granito*, el *gneis*, los *pórfidos*, los *basaltos*, las *lavas* y otras piedras cristalinas y volcánicas; razon por la cual conviene que nos detengamos en estudiar la accion que sobre ellas ejerce la atmósfera. Asunto es este de la mayor importancia, por cuanto los productos de esta descomposicion constituyen materias de primera necesidad para la Agricultura y la Industria.

La descomposicion se verifica por capas.

Esta operacion se verifica por capas sucesivas, siendo la exterior la mas atacada, como consecuencia natural de la accion mas inmediata de los agentes de destruccion. A esta sigue otra menos alterada, hasta llegar á la roca intacta, á la que hay que atacar con el martillo para obtener ejemplares frescos y bien conservados, como se desean para las colecciones de estudio.

Tres capas de destruccion.

Generalmente hablando, los *granitos* y *basaltos* ofrecen tres zonas de destruccion, á saber: la primera de fuera adentro, de color rojizo ó amarillento, debido á la hidratacion y sobreoxidacion del hierro que entra como materia tintórea; la segunda de color verde, igualmente debida á una oxidacion en menor grado del mismo metal; la tercera bien que al parecer intacta, presenta señales de destruccion, pues los cristales de feldespato han perdido su aspecto y traslucidez, y el estado de desagregacion se deja conocer al primer golpe del martillo: por último, la cuarta zona es aquella en que la masa mineral se halla en estado intacto.

Circunstancias que facilitan la descomposicion.

De lo expuesto se deduce que hay una porcion de circunstancias que favorecen y otras que se oponen á la descomposicion de las rocas. En general la destruccion es mayor en aquellos puntos en que la penetracion de los elementos atmosféricos es mas fácil, como sucede en las grietas y hendiduras y en las superficies de contacto de rocas distintas: tambien la naturaleza y la estructura de las masas minerales debe influir en esta operacion. Así, por ejemplo, las rocas de textura homogénea resisten mas que las heterogéneas; las de grano fino y de estructura compacta no se descomponen ó destruyen con la facilidad que las compuestas de elementos de gran tamaño, aunque sean cristalinos.

Mecanismo de la descomposicion de las rocas.

Con estos precedentes ya podemos entrar en el exámen del mecanismo de esta operacion en las rocas feldespáticas, observando de paso sus productos mas importantes.

La accion química de descomposicion de estas rocas se halla precedida casi siempre de la accion mecánica ó de desagregacion. Esto facilita poderosamente el juego de las afinidades de las diferentes sustancias, en razon al mayor y mas íntimo contacto que se establece con los agentes á medida que la materia se presenta mas dividida (1). Las alternativas de frio y calor, de humedad y sequedad, y principalmente los tránsitos bruscos del estado líquido al sólido, y vice versa del agua cuando se congela en el interior de las grietas de las rocas, son los principales agentes de esta operacion.

Agentes de destruccion mecánica.

En cuanto á la esencia de la accion química, se reduce: 1.° A la hidratacion y á la oxidacion y sobreoxidacion del hierro que entra como materia tintórea en la inmensa mayoría de las rocas feldespáticas: este metal pasa por los estados de protóxido incoloro, de óxido verde y de peróxido hidratado amarillo, y á veces rojizo. Y 2.° A la metamorfosis que experimenta el feldespato cuando en virtud de su desagregacion molecular, determinada por los agentes mecánicos, adquiere la propiedad de dejarse penetrar por el ácido carbónico. En este caso las bases de sosa, cal, potasa ó magnesia, teniendo mas afinidad por este que por el ácido silícico, con el que estaban combinadas, se verifica

(1) Becquerel, en su famoso *Tratado de la electricidad*, dice que la destruccion de la atraccion molecular de los cuerpos es ya un verdadero principio de descomposicion. Es menester no olvidar, continúa el mismo, que cuando el estado eléctrico-de las partículas de los cuerpos cambia, estas se hallan en el estado mas favorable para reaccionar sobre los cuerpos ó agentes que las rodean, pues se forman una infinidad de pequeños pares ó pilas de Volta que determinan reacciones electro-químicas.

una reaccion en la que el ácido carbónico se convierte en carbonato de las bases indicadas, dejando á la sílice en estado naciente y susceptible de disolverse en las aguas que contienen aquellos carbonatos. En este estado la arrastran las aguas y se deposita bajo diversas formas en el trayecto que recorre, dando lugar á cristalizaciones de *cuarzo*, á *calcedonias*, *ágatas*, *pedernal* &c.

La *alúmina* que se encuentra en los *feldespatos*, combinada con la sílice, por razon de su insolubilidad persiste en las combinaciones con este ácido, el cual toma el carácter de hidrato, dando lugar al *kaolin* ó *tierra de porcelana*, á la arcilla comun, teñida unas veces por óxidos metálicos, otras veces completamente incolora, circunstancia que la hace ser muy apreciada en la industria.

En esta operacion hay, pues, accion del ácido carbónico favorecida por el calor, la electricidad &c., sobre las bases que desaloja de su combinacion con el ácido silícico; formacion de carbonatos y bicarbonatos alcalinos, quedando la sílice en estado naciente y combinada con la *alúmina* cuando esta existe, y libre cuando no, fijándose bajo diferentes formas en el trayecto que recorre.

Los experimentos que el Sr. Kulhmann ha practicado desde el año de 1841 confirman plenamente esta teoría. Con efecto, este famoso químico vierte uno de los tres ácidos nítrico, clorhídrico ó acético en vasijas, cuyo fondo se halla ocupado por silicatos de potasa, y ha conseguido obtener especies de *ópalos* y *calcedonias*. La potasa, en presencia de uno de estos ácidos, se combina con él y forma nitrato, clorhidrato ó acetato, dejando libre la sílice ó ácido silícico que se deposita en el fondo y da lugar á las *ágatas*, *calcedonias* &c. Este célebre químico se ha valido de la solubilidad de los silicatos alcalinos de sosa ó potasa para explicar la penetracion de esta sustancia en las rocas calizas, en las areniscas ó asperones, y en los tejidos de las plantas y animales fósiles. A beneficio de esta excelente propiedad de los silicatos alcalinos, el señor Kuhlmann ha conseguido dar reglas y preceptos para mejorar las cales, grasas y los morteros, convirtiéndolas en hidráulicas por la cantidad de sílice que les añade. Tambien ha conseguido dar mas consistencia al *yeso* que se emplea en las construcciones: por último, cubriendo las pinturas al fresco y al pincel de un ligero baño de silicato alcalino, contribuye igualmente á preservarlas de la accion de los agentes exteriores (1).

La descomposicion de las rocas, tal cual la acabamos de considerar,

(1) Para mayores detalles consúltese la *Memoria* de este autor titulada *Applications des silicates alcalins solubles*, publicada en Paris en 1855.

favorecida al propio tiempo por todos los fenómenos de la nitrificacion y por los de la germinacion de las plantas &c., da una porcion de resultados que conviene conocer.

Tierra vegetal.

El producto mas general de esta operacion incesante de la Naturaleza es la tierra vegetal, cuya composicion daremos á conocer en su lugar, no sin notar de paso que, atendido su orígen, debe ser tan variada como lo son las rocas de cuya descomposicion procede. De aquí la utilidad que puede reportar el agricultor del conocimiento de la composicion geognóstica de la comarca en que vive, en especial cuando trate de darse razon de las operaciones que tiene que practicar en sus tierras para adaptarlas á determinadas plantaciones ó para aumentar su fertilidad.

Arcilla.

El segundo resultado de la descomposicion de las rocas es la arcilla, que además de formar parte de la tierra vegetal es muy útil á la industria de la Alfarería, á la preparacion de cementos en general, al arte del batanero, para suavizar y desengrasar los paños &c. Por otro lado, la importancia de esta materia en la economía terrestre es inmensa, fundada como se halla sobre su impermeabilidad la teoría de las fuentes y pozos artesianos, y siendo una de las sustancias mas abundantes en los terrenos de sedimento. Sépase, pues, que la arcilla no es una sustancia formada de primera intencion por la Naturaleza, sino que es el resultado de la descomposicion de las rocas feldespáticas en general.

Kaolin.

La descomposicion de las rocas graníticas, y tambien la de muchos basaltos, traquitas y otros productos ígneos, da lugar á la tierra llamada *kaolin* ó de porcelana, cuyos caractéres daremos á conocer al hablar de las rocas. Esta tierra fué importada de la China por los misioneros, y es la materia primera para la fabricacion de la porcelana famosa del Celeste Imperio. No todas las rocas feldespáticas producen en su descomposicion el kaolin; á su tiempo se indicarán los caractéres de las que pueden proporcionar este riquísimo producto. Por ahora basta llamar la atencion acerca de su procedencia ó de la operacion á que debe su orígen.

Arenas, grava, guijarros, cantos, peñascos &c.

Las arenas, la grava, los guijarros, los cantos rodados, los peñascos &c., son tambien producto de la descomposicion de las rocas; materiales que, depositándose en las depresiones del suelo, sirven para igualar el terreno y formar los *terreros* ó *terreras*, tan útiles al agricultor. Tambien, arrastrados por las corrientes, se depositan estos materiales en el fondo de los lagos y mares, dando orígen á terrenos de sedimento cuyo estudio es de sumo interés.

Formas de las montañas.

Otro de los resultados importantísimos de la descomposicion de las rocas es la forma caprichosa que por ella adquiere la cima de las montañas; y como que cada grupo de rocas ofrece una descomposicion particular, de aquí el auxilio que presta al geólogo el conocimiento de la relacion que existe entre la naturaleza de las montañas y la forma que afectan por su desgaste, pues á larga distancia puede determinarse aquella solo por el aspecto exterior.

Los caprichos á que esta descomposicion de las rocas da lugar son tan variados, que he creido conveniente poner de manifiesto algunos ejemplos en las figuras adjuntas.

Figura 6.ª

Descomposicion del Quader-Sandstein en la Suiza sajona.

Figura 7.ª

Descomposicion del granito en Vixen Tor, cerca de Dartmoor (O. de Inglaterra).

Figura 8.ª

Descomposicion del granito en Cheese-Wring. (Cornwall).

Manantiales de ácido carbónico.

Tambien son una consecuencia inmediata de la descomposicion muchas fuentes gaseosas, y en especial las que llevan ácido carbónico y los pozos inversos. Cuando la descomposicion se verifica en el interior de las montañas calizas, el agua cargada de ácido carbónico, principal agente de esta operacion, circula con mas ó menos dificultad por los conductos subterráneos hasta que encuentra algun banco de arcilla que le impide el paso en virtud de su impermeabilidad; entonces tiene que seguir la direccion de aquella capa hasta que encuentra una salida, determinando un manantial cuyas aguas son mas ó menos ácidas.

Pozos inversos.

Si en vez de la arcilla encuentran las aguas bancos horizontales ó inclinados de calizas ó de otras sustancias mas ó menos susceptibles de descomponerse por las sustancias que llevan en suspension, van excavando interiormente las capas hasta que llegan á formar una cavidad sin salida en la que se depositan las aguas y los materiales que arrastran. El hombre construye tambien estas cavidades, fundado en los principios que se acaban de exponer, con la diferencia de emplear barrenas y sondas para facilitar la operacion. Estos pozos, naturales ó artificiales, se llaman *absorbentes* ó *sumideros*, por la propiedad que tienen de tragar y consumir todo lo que reciben, y tambien *inversos*, por oposicion á los *artesianos*, que son cavidades naturales ó hechas por el hombre para procurarse aguas ascendentes.

Por último, Becquerel y otros geólogos y físicos toman el resultado de la descomposicion de las rocas como base de los cálculos que han

hecho para apreciar el tiempo ó duracion de la época actual y aun de otras anteriores; bajo cuyo punto de vista podria considerarse esta operacion como un cronómetro para marcar los minutos (que son siglos) de la historia de la tierra.

SECCION SEGUNDA.

Accion de las aguas.

Composicion del agua.

El agua es un compuesto de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno; se presenta en el globo como todo el mundo sabe, bajo los tres estados: gaseoso, líquido y sólido. En el último párrafo ya hemos indicado la accion que ejerce el agua en forma de vapor: veamos ahora de qué modo obra este agente en los otros dos estados.

El agua obra sobre la tierra, física, química y mecánicamente.

El agua líquida y sólida ejerce una poderosa accion sobre la tierra obrando física, química y mecánicamente; pero como su accion química mas poderosa puede decirse que está desempeñada casi exclusivamente por el vapor de agua, en la presente seccion solo nos ocuparemos en analizar la mecánica y física confiada mas especialmente al agua líquida y sólida.

Accion del agua líquida.

Bien puede asegurarse, sin temor de exagerar, que el agua es el agente destructor mas poderoso que se conoce. Con efecto, por filtracion desagrega, congelándose en las grietas de las rocas ejerce una accion mecánica por el aumento de volúmen que adquiere á la que nada resiste, químicamente descompone, y por último, por su fuerza de acarreo trasporta á largas distancias toda clase de materiales. Puede decirse que las blandas gotas de agua son en manos del tiempo verdaderas gubias y cinceles, con los cuales asurca los valles, abre los flancos de las montañas, y ataca en suma los montes y cordilleras graníticas, mas duras rebajando su cima orgullosa. En el gran laboratorio de la tierra, así como el fuego es el encargado de la formacion, el agua lo es de la trasformacion. Pero antes de entrar en materia, y atendida la gran importancia que ofrece, conviene dar á conocer la formacion de la lluvia y los resultados prácticos que el hombre puede esperar de la combinacion de su teoría y de la actual distribucion de las desigualdades del globo con la direccion de los vientos en el riego de su superficie; cuestion vital para la agricultura, y muchos ramos de industria.

Teoría de la lluvia.

La formacion de la lluvia y de la nieve está fundada en el enfriamiento del vapor de agua que incesantemente se desprende de la su-

perficie de la tierra (1). Este enfriamiento se verifica al elevarse el agua á las altas regiones de la atmósfera, en virtud de la ley ya indicada del decrecimiento de la temperatura en el Océano aéreo. Un hecho muy frecuente, y en el que sin embargo pocos suelen fijar la atencion, confirma este principio. Todos los dias pueden observar los habitantes de terrenos montuosos, que segun la direccion de los vientos, ó se forman nubes cuando aquellos corren en sentido de las montañas, ó por el contrario, se desvanecen cuando se dirigen hácia la llanura. Esto consiste principalmente en la diferencia de temple de ambas regiones, pues mientras en aquellas el agua se condensa por el frio, en esta por el contrario, se evapora de nuevo desapareciendo y limpiándose al parecer la atmósfera.

De este hecho tan sencillo parte el célebre físico francés, Sr. Babinet, para su teoría de la lluvia y de la formacion de la nieve, deduciendo de la actual estructura y direccion de las principales cordilleras de montañas, combinada con la de los vientos constantes, periódicos é irregulares, la hidrografía terrestre, y el riego de su superficie.

El principio establecido por tan eminente sabio, es el siguiente: la lluvia se verifica siempre que el aire cargado de humedad encuentra un obstáculo en su curso que le obliga á elevarse á las altas regiones de la atmósfera, por el enfriamiento que en ellas experimenta. Estos obstáculos naturales son, como es fácil de comprender, las corrientes frias atmosféricas, y las montañas con sus diferentes agrupaciones; de donde se deduce que estas son la verdadera causa, no solo de las lluvias, sino tambien de las nieves; pues para que estas se produzcan, solo se necesita un mayor enfriamiento en la masa de aire cargado de vapor.

Si á estos datos agregamos el conocimiento de los aires reinantes, y la direccion media de los accidentes topográficos de una comarca, tendremos todo lo que se necesita para conocer el sistema de riego de una region circunscrita, y tambien la del globo en general. Hé aquí probada de paso la necesidad del estudio de la geología y de la meteorología combinadas, pues aquella nos da conocimiento de la direccion media de las cordilleras, y esta nos enseña cuáles son los vientos que dominan en un punto dado, y los meses en que de preferencia reinan. La importancia de la aplicacion de estos principios y de estos hechos á

(1) Para apreciar el inmenso poder de la evaporacion, causa primera de la lluvia, basta saber, que segun los cálculos del Dr. Halley, la cantidad de agua que se eleva de la superficie del Mediterráneo en las doce horas de un dia de verano, asciende á 5,280 millones de quintales.

la agricultura, á la navegacion y á la industria, es por demas clara y evidente.

Riego general del globo.

El Sr. Babinet, con el tacto y exquisita sagacidad que le distinguen, ha puesto en claro, apoyado en esta doctrina, la disposicion del riego general del globo y su admirable hidrografía exterior, de la manera siguiente. Tomando por punto de partida la costa occidental de Africa, los vientos *alísios* que corren en direccion opuesta á la rotacion de la tierra, al atravesar el Atlántico se cargan de humedad, la que se desprende en forma de lluvia y nieves al querer franquear la cordillera de los Andes; circunstancia que determina el riego de la parte oriental de la América del S., representada por el *Orinoco*, las *Amazonas*, el rio de la *Plata* y los millares de tributarios que llevan sus aguas á estas grandes arterias. Esto mismo explica, el por qué en las llanuras de Chile y del Perú no llueve casi nunca, pues el aire llega ya seco á estas regiones.

Continúan los alísios su rumbo alrededor de la tierra, y al paso por el grande Océano, vuelven á cargarse de humedad que se convierte en lluvia y nieves al encontrar las montañas de la China, del imperio de Siam, de Birman y de la Cochinchina, dando lugar al Tcho-King, al Sang-Koi, al Menam-Koi, al Solonen, al Traovddry y á otros muchos. Sigue adelante el alísio, y al pasar por el mar Rojo toma otra vez el vapor de agua que lleva en suspension hasta llegar á las montañas del alto Egipto, en donde toma su orígen el famoso Nilo. Seco el alísio, y desprovisto de humedad, recorre por fin la extension que ocupa el famoso desierto de Sahara, al cual le comunica su carácter, así como llevó la esterilidad al desierto de Arabia.

Esto con respecto á los vientos constantes: los vientos periódicos ó monzones determinan en el Asia las nieves del Tibet y del Himalaya con las famosas arterias del Indo, Ganges &c., y en la América del N. el Misuri, el Ohio, el Mississipí y todos los afluentes del golfo de Mégico en la parte N. y N. O.

Por último, los vientos irregulares determinan las lluvias y nieves no comprendidas en los casos anteriores, verificándose siempre que su direccion es contraria á la de las principales cordilleras de la region ó comarca.

Para hacer de esta série de hechos una oportuna aplicacion á nuestra Península, podemos decir, que prescindiendo de las tempestades, la lluvia se presenta en las costas de levante en las que las cordilleras corren en general del N. E. al S. O. con los vientos del E. del S. E., y

algunas veces con los del S. En las costas del Mediodía se observan las lluvias con los vientos del S. O., y algunas con los de levante y S. Por el contrario, los viento de N. y N. O. producen la lluvia en las provincias Vascongadas, y tambien en Castilla la Vieja, parte de Aragon y Galicia. En Madrid es sabido que en general solo llueve cuando reina el S. O., ó sea el viento de Toledo, y alguna vez con el N. O., lo cual es debido á la posicion de la capital, y á la direccion de la cordillera Carpetana. Por último, en Portugal y parte de Galicia, llueve con los vientos de O. S. O. y N. O.

Terminada ya esta digresion, plenamente justificada por la gran importancia de la materia que la motivó, podemos entrar de lleno en el estudio de la accion mecánica del agua en estado líquido.

Separacion del agua en tres partes.

El agua al llegar á la superficie de la tierra se separa en tres partes; la primera vuelve á la atmósfera en forma de gas por la evaporacion espontánea; la otra penetra por filtracion á través de los poros y grietas de las rocas y terrenos, y la tercera y última circula en la superficie dando lugar á las corrientes, que bajo las denominaciones de arroyos, cañadas, riachuelos y rios, abocan en las partes mas bajas de los continentes y se pierden otra vez en la inmensidad de los mares.

El agua que se evapora sirve para conservar la humedad del ambiente y para originar de nuevo la lluvia.

Hidrografía subterránea.

La que penetra en el suelo por filtracion sigue las tortuosidades de las grietas ó hendiduras hasta que encuentra capas regulares de materias; si estas son permeables le dejan libre el paso; y cuando no, la obligan á seguir la direccion de los estratos, hasta llegar á un corte de terreno ó conducto por donde aparece al exterior, originando los manantiales ó fuentes.

Causas que favorecen la filtracion.

De aquí se deduce que todas las causas que impiden la circulacion de las aguas al exterior han de facilitar por necesidad la filtracion; haciendo de consiguiente que el número de fuentes ó la cantidad de agua que despiden sea mayor. La disposicion mas ó menos horizontal de las capas en los terrenos estratificados contribuirá indudablemente á este resultado; pero la causa mas poderosa, sin disputa alguna, es la existencia de bosques ó de grandes plantaciones, pues además de la gran exhalacion que por sus órganos foliares se verifica, atraen la humedad atmosférica, y presentando obstáculos á la libre circulacion de las aguas, facilitan poderosamente la filtracion.

En las montañas graníticas, en las que por razon de su estructura y

En los terrenos graníticos, numerosas fuentes.

masa compacta las aguas penetran poco, es decir, lo que permite la capa superficial descompuesta, los manantiales deben ser y son, con efecto, muy numerosos, si bien de poco caudal, y superficiales.

En los terrenos calizos son raras.

Por razones opuestas, las fuentes son raras, pero caudalosas, en los terrenos ó montañas calizas; pues en ellas la penetracion es fácil, tanto por la permeabilidad de estas rocas, cuanto por el gran número de hendiduras que suelen ofrecer los estratos á que dan lugar. Estas grietas se convierten en verdaderos sumideros ó pozos, cuando su profundidad es extraordinaria; pero si son superficiales y las aguas encuentran alguna capa impermeable, resultan manantiales de gran caudal.

En los de capas horizontales abundan las aguas

Sin dejar de la mano el asunto, por la suma importancia de su aplicacion á la Agricultura é Industria, debemos hacer presente, que en los países formados de capas horizontales permeables, alternando con otras que no lo son, abundan las fuentes en las faldas de las colinas al nivel de las capas impermeables y en todas direcciones; pudiendo emplear capitales en hacer pozos ó norias, pues hay 90 por 100 de probabilidades de buen éxito. No así en las comarcas de capas inclinadas; en estas hay que buscar las aguas en el punto hácia donde se pierden aquellas, pues en el lado opuesto no las hay. A favor de la brújula y del nivel, ó de un barómetro bueno, se podrá por la inclinacion de dichos estratos apreciar aproximadamente la profundidad á la que debe encontrarse el agua por medio de la sonda.

Uno de los resultados mas notables en el ramo de fuentes es el de las ascendentes ó *pozos artesianos*, llamados así por haber sido el Artois (Francia) en donde se ensayaron por primera vez estos medios artificiales de buscar aguas vivas. Pero como quiera que en el capítulo de *Geología hidrográfica* se ha de tratar extensamente de este medio de procurarse agua, excusamos entrar ahora en mayores detalles.

Conocida ya la accion que ejerce el agua al penetrar en el interior de la tierra determinando su hidrografía subterránea, se está ya en el caso de ver cómo se conduce este elemento en la superficie exterior de nuestro planeta.

Procedencia de las aguas corrientes.

Las aguas corrientes proceden de lluvias, de manantiales, ó del derretimiento de las nieves.

Los efectos de la lluvia son tan variados como diversos los modos de efectuarse. Así es que, cuando es normal y tranquila, las aguas se convierten en elemento vivificador por excelencia, pues penetrando lentamente en la tierra vegetal le suministran uno de los elementos mas vitales para la existencia y desarrollo de las plantas. Por el contrario,

cuando la lluvia es violenta, las aguas, precipitándose en gran cantidad, asurcan y desgastan la tierra, vencen y destruyen todos los obstáculos que se oponen á su curso, y arrastran con su poderosa fuerza, no solo los materiales de la tierra vegetal y los fragmentos, á veces enormes, de rocas, sino que tambien los árboles y las mas sólidas construcciones.

El primer modo de llover es propio de los paises del N., así como el segundo es casi peculiar de los trópicos; resultando de esta y de otras causas ese contraste que se nota entre la vegetacion y el paisaje de ambos puntos del globo.

La accion del agua corriente es niveladora.

La accion de las aguas corrientes consiste principalmente en nivelar las desigualdades del globo arrastrando á las partes bajas los materiales que se desprenden de las cimas de las montañas y de las colinas que desgastan, lo mismo que de los terrenos en declive, en especial si están cultivados.

Si en su curso encuentran alguna grieta ó hendidura, contribuyen á ensancharla rellenándola á veces con los materiales que arrastran.

Producen saltos, cascadas y cataratas.

Al recorrer terrenos en desnivel las aguas dan márgen á *saltos*, *cascadas*, *cataratas* y á mil otros caprichos, arrastrando toda clase de materiales y dando orígen á los derrumbaderos que cubren las faldas de las montañas, á los que se les da tambien el nombre de *tálud*.

Las lluvias muy continuadas ocasionan grandes hundimientos, en los que porciones enormes de terrenos se escurren, arrastrando consigo los bosques y hasta poblaciones enteras. El ocurrido en Goldau, en el canton de Luzerna, en Setiembre de 1806, fué muy notable, pues desde la falda de una alta montaña una masa de terreno de mas de 4,000 metros de anchura, 400 de alto y sobre 30 de espesor se desprendió llevándose al fondo del valle toda la poblacion con sus habitantes, de los que perecieron mas de 500. La lámina 8.ª del Atlas da una idea de tan fatal suceso.

Estos grandes y terribles fenómenos se verifican en los puntos en que varios estratos de rocas duras, consistentes y de mucha inclinacion, alternan con otros de materiales sueltos, descansando sobre capas impermeables. El mecanismo de esta operacion es muy fácil de comprender; las aguas filtran hasta llegar á la capa impermeable, desgastando á su paso poco á poco la base, hasta que faltando esta por completo, la masa de tierras sobrepuestas cuyo peso ha aumentado extraordinariamente con la penetracion del agua, se desprende y escurre por el plano inclinado que las capas impermeables le ofrecen.

Lo que se acaba de indicar es una prueba mas de la necesidad de los conocimientos geológicos; pues si por desconocer la naturaleza del suelo, el ingeniero ó arquitecto construye un edificio ó traza un camino ó ferro-carril sobre terrenos que presentan estas condiciones favorables á los hundimientos, se expone á perder honra y provecho, siendo víctima de su propia ignorancia y perjudicando á veces intereses muy sagrados.

Sigamos el estudio de la accion de las aguas.

Despues de hallarse estas por algun tiempo en la superficie de la tierra abandonan su marcha incierta, y siguiendo la natural pendiente que le ofrecen las condiciones topográficas del suelo, se trazan surcos, que bajo el nombre de arroyos, cañadas, torrentes y rios, determinan la Hidrografía superficial del globo. En todos estos casos, el agua acarrea ó trasporta materiales de un punto á otro. Veamos qué nos enseña la ciencia respecto de este poder de acarreo.

Fuerza de trasporte de las corrientes.

En primer lugar, la fuerza de trasporte de una corriente está en razon directa de su rapidez y de la pendiente del álveo, y en razon inversa de la cantidad de materiales que arrastra. En virtud de estos principios, se puede establecer por regla general, que los rios cuya corriente es rápida, y corta la extension de su curso, llevan al mar la mayor parte, si no todos, los materiales arrancados en su orígen, como sucede con la mayor parte de los rios de los Alpes y Apeninos: por el contrario, los que en su trayecto atraviesan grandes llanuras, como sucede con el Rhin, el Ródano, el Ebro, el Tajo &c., solo llevan al mar los materiales mas ténues, es decir, aquellos cuyo peso específico está en relacion con la fuerza de trasporte de la corriente.

Separacion de los materiales.

Desde el momento en que esta disminuye, empieza á verificarse en el álveo del rio, arroyo, cañada ó llanura una separacion de materiales por tamaños, formas, y mas particularmente por su peso ó densidad; depositándose primero los materiales mas pesados y voluminosos, luego los medianos, y por último, los mas finos que ocupan siempre la parte superior del depósito, siendo estos los que constantemente recorren todo el trayecto hasta el mar.

Los estragos que determinan *las aguas* disminuyen considerablemente en los terrenos llanos por cuanto en ellos pierde su fuerza la corriente, lo mismo que al atravesar alguna gran depresion ó lago por la resistencia que ofrecen á la corriente las aguas allí acumuladas, que por otra parte hacen el oficio de filtro ya que los materiales se depo-

sitan en el fondo y aparecen aquellas con una pureza admirable, como se nota muy especialmente en las del lago de Ginebra.

Si las llanuras, los lagos y las grandes depresiones del suelo disminuyen la fuerza de acarreo de las aguas, por el contrario los diques tanto naturales como artificiales (1) aumentan dicha fuerza y determinan á veces inundaciones terribles. En los primeros momentos estos obstáculos impiden que los rios se desborden; pero como la fuerza de las aguas crece en razon de todo lo que se opone á su curso natural, en el momento en que aquella vence, sobreviene uno de esos cataclismos que siembran el llanto y la desolacion en la comarca, de los que tan recientes ejemplos tenemos en el vecino imperio (2). La fuerza de las aguas en este caso es tal, que no hay poder que resista, pudiendo asegurar que la mayor parte de las gargantas, puertos y desfiladeros de las montañas deben su orígen á fenómenos de esta naturaleza.

Aplicacion de estos hechos.

Ya que las aguas corrientes pierden gran parte de su fuerza de acarreo al atravesar un lago, una llanura ó depresion del suelo, es decir, al extenderse su superficie dejando á su paso la mayor parte de las materias que llevaban en suspension, es fácil deducir las consecuencias y aplicaciones que se desprenden de este simple hecho. En primer lugar, puede establecerse que todo desbordamiento aunque á primera vista sea destructor y perjudicial, lleva consigo el gérmen de una gran fertilidad con el cieno, limo ó *tarquin*, como llaman en Múrcia, y demas materias orgánicas y minerales que depositadas en la tierra mejoran extraordinariamente las condiciones agronómicas del suelo. Esto se ve confirmado plenamente en Egipto cuya riqueza es debida principalmente al desbordamiento anual y regular del Nilo. En segundo lugar, el hombre puede aprovecharse de este procedimiento para sanear las tierras bajas y pantanosas con solo llevar á ellas alguna corriente cargada de materiales, como lo hizo en los alrededores de Bolonia (Italia) el Cardenal Buoncompagny, de grata memoria. La naturaleza misma está realizando de continuo este hecho, pudiendo asegurar que la mayor parte de las grandes llanuras son antiguos lagos, desecados por este mecanismo.

El otro hecho que acabamos de citar da igualmente márgen á una

(1) Entre estos diques ú obstáculos naturales deben contarse los producidos por los aludes ó sea la caida de grandes masas de nieve procedente de las altas montañas que con su marcha impetuosa lo arrasan todo oponiéndose al curso natural de las aguas.

(2) Todo el mundo recordará las terribles inundaciones ocurridas en Francia en Junio de 1856.

porcion de consideraciones de la mayor trascendencia. Con efecto, si la fuerza de las corrientes aumenta en razon directa de los obstáculos sólidos que se oponen á su marcha, y si la rotura ó desaparicion instantánea de estos determina irremisiblemente las inundaciones, la consecuencia natural y legítima es, que estas son inevitables y necesarias, atendida la imposibilidad absoluta de calcular la masa de agua que en un momento dado y en circunstancias determinadas puede acumularse en un valle ó llanura, para que los diques sean superiores á su nivel. Y aun cuando esto fuera posible, se tocaria con el tiempo otro inconveniente mas grave, cual es el de que el depósito de las materias en el *talveg* de la corriente tendiendo de contínuo á elevar su fondo, para disminuir la posibilidad de las inundaciones por medio de los diques, estos tendrian que irse elevando al mismo tenor que aquel. Las inundaciones son de consiguiente, y como dice Boubeé con mucha oportunidad, necesarias é inevitables. Ahora bien, partiendo de este supuesto y conociendo que estas, que equivocadamente llamamos catástrofes, son en el fondo operaciones que contribuyen al curso regular de la naturaleza y de cuya grande é inmensa utilidad nadie puede dudar si tiene en cuenta los materiales preciosos que dejan á su paso las aguas, toda la tendencia del hombre debe ser no á evitarlas, como muchas veces le hace creer su vanidad, sino á hacerlas beneficiosas á la agricultura. La importancia de este principio se ve confirmada en todos los paises agrícolas por la diferencia de precios entre las tierras altas no sujetas á inundaciones y las que lo están mas ó menos frecuentemente, pagándose siempre aquellas menos que estas. La razon consiste en que las primeras entregadas á sí mismas pierden muy pronto las sustancias en qué estriba su fertilidad; mientras que en las otras renovándose en cada inundacion se hace permanente la feracidad primitiva. No se crea, sin embargo, que todas las tierras sujetas á inundaciones adquieren las mismas cualidades agrícolas, pues esto depende de mil circunstancias variables que no siempre concurren en todas. Lo único que puede establecerse en esta materia tan vital es, que estribando la fertilidad de una tierra en la variedad de las sustancias minerales que entran en su composicion, las inundaciones serán mas beneficiosas y darán mayor estimacion á las tierras, cuando las aguas proceden de terrenos mas variados en composicion y muy particularmente si estos son graníticos, volcánicos ó de sedimento antiguos.

Despues de lo dicho solo nos falta indicar los medios de que se

puede valer el arte para evitar la repeticion de tales desastres ó para convertirlos en operaciones útiles á la agricultura. Para lo primero hay muchos recursos (aunque todos ineficaces) pero entre ellos los principales son: levantar malecones ó diques de piedra sillería, de tierra, de cesped y mimbres ó cañas y de maderos y tierra en forma de estacadas, ó ahondar todo lo posible el *talveg* del rio ó de la llanura por donde tiene que circular el agua en un momento dado. Lo primero puede practicarse ó en las llanuras y alrededores de los grandes centros de poblacion para ponerlos al abrigo de dichos cataclismos, ó mejor en los altos valles y en las desembocaduras de los afluentes, en donde multiplicando las presas y los depósitos de retencion, se puede conseguir que las aguas no aboquen todas á un tiempo en el rio principal, evitando de este modo los estragos que ocasiona su repentina acumulacion. En cuanto á excavar ó ahondar el álveo, prescindiendo de que muchas veces es impracticable, debe hacerse de preferencia en la llanura y no en los altos valles, pues en estos aumentaria su fuerza la corriente y su aparicion en el pais llano sería demasiado violenta.

Pero esto mas bien es trazar la historia de lo que el hombre en determinadas ocasiones ha puesto en práctica, que dar consejos para que se adopten.

Para evitar que las inundaciones sean desastrosas y convertirlas, por el contrario, en elemento vivificador de las tierras, lo que aconseja la sana razon y hasta el sentido comun es evitar que las aguas se acumulen en un punto circunscrito y en un momento dado en cantidad extraordinaria; ó si esto no se puede conseguir, hacer que las aguas se ensanchen y ocupen mucho espacio. Para lo primeró lo mejor es sangrar los afluentes lo mas cerca posible de su nacimiento, multiplicando las acequias ó azarbes, todo lo que permitan las condiciones del suelo y lo que requieran las necesidades de la agricultura y los peligros de inundacion. Esto y el llevar las aguas contra su natural pendiente por medio de planos inclinados suaves, es cuanto hay que hacer para evitar los desastres de una inundacion y convertirla en un poderoso elemento de mejoramiento de las tierras (1).

(1) En varias provincias de España, y muy particularmente en Granada, Valencia y Murcia, están puestos en práctica estos principios, gracias, en gran parte, á la actividad y vastos conocimientos de la raza árabe que dominó esta porcion, la mas rica del territorio español. En todos estos puntos las tierras sujetas á inundaciones tienen un valor á veces décuplo de las otras; como ejemplo puede citarse el de las llamadas *entarquinadas* en los regajos de Sangonera (Murcia) cuya fanega se vende á 1,000 rs. y hasta 2,000, mientras las no sujetas á inundaciones se dan por 100 ó 200 rs. Se tiene

La fuerza de acarreo de un rio se ejerce tambien sobre sus propias márgenes, que las aguas corroen y asurcan trasportando sus materiales á mayores ó menores distancias segun su tamaño, su naturaleza y peso específico. Por lo demas, este desgaste varía segun la naturaleza de los elementos minerales de que aquellas están compuestas y de las sinuosidades ó inflexiones que en su curso ofrece el rio.

Despues de lo dicho conviene indicar cuál es la fuerza que se asigna á cada corriente segun su rapidez. Esta ha de ser por lo menos de 10 á 30 centímetros por minuto segundo para llamarse débil la corriente y trasportar materiales muy finos y ténues como los que se desprenden de una superficie arcillosa y las arenas finas: cuando llega á 60 centímetros se llama ordinaria y arrastra grava y guijarros rodados: al metro ó metro y medio es grande y acarrea piedras irregulares y los cantos aglomerados de algun tamaño: por fin, cuando el agua recorre dos ó tres metros puede destruir y arrastar hasta las rocas mas duras en capas ó en masa y la corriente se llama entonces extraordinaria.

La destruccion de las rocas por las corrientes no solo es efecto del roce del agua misma, sino tambien de la accion mecánica de los cuerpos sólidos que aquella lleva en suspension, pues se convierte en una verdadera metralla que bate en brecha las orillas de los rios.

Cuando estos en su trayecto encontrando grandes desniveles dan lugar á las cascadas, rápidos y cataratas, ocasionan una destruccion espantosa especialmente en el borde de estas. La famosa catarata del Niágara en los Estados-Unidos ofrece un buen ejemplo de estos efectos. Formada en su parte superior de capas calizas y en la base de pizarras y rocas bastante deleznables, estas se desgastan fácilmente y dejan á aquellas al aire, en cuyo caso el peso enorme de las aguas las precipita

---

tal conocimiento en dichas regiones de lo que valen estos fenómenos naturales, que sus habitantes distinguen por el color de las aguas el punto de su procedencia y las utilidades ó perjuicios que pueden prometerse. Tambien saben en Murcia que las primeras inundaciones ó *entarquinadas* no suelen ser tan buenas como las que les siguen, por las semillas que arrastran las corrientes; y que las aguas que proceden de *brozales* ó de tierras en que abundan los despojos de plantas ó animales (lo cual se conoce por el color que llevan), son las mejores.

Este hecho tan importante á la Agricultura no se escapó á la sagacidad del célebre Rojas Clemente, pues en los manuscritos de su viaje á Granada, dice terminantemente que el *atarquinar* las tierras en las avenidas de las ramblas, metiendo èstas en los campos, es un beneficio para ellas de los mayores, pues llevan los excrementos de los animales, el despojo vegetal ó mantillo, el polvillo de la tierra que el sol ha tostado y el tarquin de las aguas detenidas ó encharcadas.

al abismo. De esta manera se retira el borde de la catarata sobre un pié cada año. Véase la lámina 9.ª del atlas.

Tal es el modo como se conduce el agua corriente en los rios en su estado normal. Cuando por efecto de grandes lluvias ó del repentino derretimiento de las nieves el caudal aumenta de un modo notable, determina avenidas é inundaciones, en las que salvando el rio sus bordes naturales ó artificiales y sus diques se derrama por las tierras vecinas amenazando hasta la existencia del hombre. En este caso su fuerza de acarreo crece en proporcion de la masa de aguas y de su rapidez, trasportando ó acarreando con su fuerza irresistible todo lo que encuentra á su paso (1).

Los resultados de la accion normal de los rios como los de las inundaciones son los terrenos llamados *detríticos ó aluviales*. Dícese que un terreno es *detrítico* cuando los materiales desagregados subsisten en el mismo punto; y *aluvial* cuando se encuentran á mayores ó menores distancias, sea en las partes bajas de los continentes ó en los lagos. En el fondo de los mares el terreno que se forma se llama de *sedimento*; por último, y por efecto de la accion combinada y contraria de los rios y del mar resultan los *deltas*, los *cordones* y demas accidentes que daremos á conocer con el nombre de *aparato litoral*.

Terreras.

Generalmente hablando, á las tierras que resultan de la acumulacion de materiales de acarreo en puntos bajos y en los ocupados antes por las aguas, se les dá el nombre de *terreros ó terreras*. Los rios tienden por otro lado unas veces á elevar su fondo rellenándolo de materiales; y otras por el contrario á ahondarlo ó excavarlo. Lo primero se observa en los de curso largo y de pendiente suave, ofreciéndonos de ello el mejor ejemplo el Pó, cuyo álveo es superior al nivel de los tejados de Ferrara: lo segundo se nota en la mayor parte de los barrancos, y en tésis general en los rios de curso corto y de corriente muy rápida.

Accion de los mares.

En el mar se notan tres especies de movimientos, el uno contínuo y regular en todos ellos efecto de la accion de los vientos sobre la superficie de las aguas, es el *oleaje;* el segundo lleva el nombre de *marea* y es debido á la atraccion lunar y solar; el tercero, las *corrientes* produ-

(1) Para formarse una idea del poder de acarreo de los rios, bastará recordar que el Ganges lleva anualmente al Golfo de Bengala la enorme cantidad de 180.340,100 metros cúbicos de materiales, que equivalen al peso de 42 veces la mayor pirámide de Egipto. Segun el Sr. Barrow, el rio Amarillo, en la China, lleva diariamente al mar del mismo nombre 1.359,135 metros cúbicos, habiendo calculado el mismo escritor que se necesitan 24,000 años para que el depósito de los materiales acarreados lo llegue á cegar por completo.

cidas por el movimiento rotatorio de la tierra, por los vientos constantes y periódicos y por la diferencia de evaporacion entre los polos y el ecuador.

El resultado de esta accion, que como veremos puede ser tambien química y mecánica, es el de destruir en un punto y depositar en otro los materiales en virtud de su fuerza de acarreo ó trasporte. Esta accion es tan contínua y poderosa, que seguramente sus resultados exceden en mucho á los producidos por las aguas corrientes.

Los efectos de la accion química de las aguas del mar depende necesariamente de los elementos que entran en su composicion y de la naturaleza de las rocas que forman las costas. La composicion de las aguas del mar por término medio es la siguiente: sobre 100 partes

Agua	96,470
Cloruro sódico	2,700
Idem potásico	0,070
Idem magnésico	0,360
Sulfato de magnesia	0,230
Idem de cal	0,140
Carbonato de cal	0,003
Bromuro magnésico	0,002
Pérdida	0,025

El contacto perenne de las rocas con las aguas del mar auxiliado de su accion mecánica, favorece poderosamente las reacciones químicas de los diferentes elementos que como acabamos de ver entran en la constitucion de dichas aguas. El resultado de esta accion difiere en razon de la naturaleza de las rocas: cuando son calizas las corroe y convierte en superficies ásperas y desiguales; si son graníticas se reproduce, pero en mayor escala, la descomposicion que dimos ya á conocer, y así sucesivamente de todas las demas.

La accion química de las aguas del mar sobre las costas es evidente como acabamos de ver; pero la mecánica es indudablemente superior. Esta depende del choque contínuo producido por el movimiento de su masa en sus tres manifestaciones del oleaje, las mareas y las corrientes. Pero esta accion lejos de producir en todas partes los mismos efectos, está sujeta á una porcion de circunstancias que la modifican extraordinariamente. Así, por ejemplo, la forma de las costas, su pen-

diente ó inclinacion, la naturaleza de sus materiales y las causas que aumentan ó disminuyen el poder de las olas, son las principales.

La forma y pendiente de la costa influyen de tal modo, que mientras en las playas ó costas planas los efectos del mar son casi insignificantes, en las *encantiladas* ó *escarpadas* y de inclinacion en sentido contrario al mar, las olas batiéndolas directamente y sin obstáculos que se opongan á su accion, esta es directa y los efectos destructores terribles é incalculables, como se puede ver en la figura 9.

Figura 9.ª

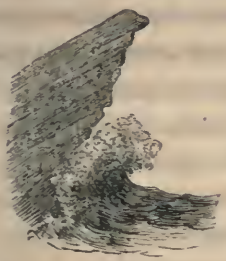


Figura 10.ª

Figura 11.ª

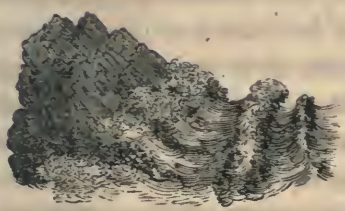


Figura 12.ª

Los materiales desprendidos por este choque contínuo se acumulan primero al pié de la costa brava en donde forman un rompiente ó escollera natural, que si bien preserva á aquella por algun tiempo del furor de las aguas, llega un momento en que trituradas las rocas que la constituian y trasportadas al fondo del mar, vuelve á quedar otra vez la costa expuesta á los ataques de aquella, renovándose con pequeños intervalos la misma operacion, segun demuestra la figura 10.

Estos efectos son mucho mas notables cuando el mar tiene gran fondo en aquel punto; y aun mayores si los materiales de que la costa se compone son deleznables ó se descomponen con facilidad. Si la costa se compone de rocas fracturadas ó de cantos aglutinados, la accion del

mar redobla su energía en razon del choque mecánico que determinan estos materiales sueltos puestos en movimiento por las olas, pues obran á la manera de un ariete natural.

Cuando la costa está en pendiente hácia el mar por efecto de la inclinacion de sus capas, el plano inclinado que presenta opone un obstáculo tal á la accion del mar, que en vez de ser destructora es beneficiosa ó de reparacion, depositando en la parte alta de aquella los materiales que las aguas arrancan de los bajíos, como manifiesta la fig. 11.

Sin embargo, el movimiento llamado de *resaca*, que es el de las aguas cuando se retiran, desgasta la costa de un modo enérgico.

A beneficio de esta accion incesante, las costas varian con mucha frecuencia de aspecto; explicándose por este procedimiento la multitud de senos, cavernas y grandes excavaciones que se notan en ellas. ¡Cuántos promontorios han desaparecido por este mecanismo! ¡cuántos han sido separados de los continentes formando islas hoy á bastante distancia de la costa á la que estaban unidos! y ¡cuántos estrechos y canales, por fin, deben su orígen á esta poderosísima accion! En las islas estos efectos son mas evidentes y notables por razon de estar al descubierto sin que nada las resguarde de la accion de las olas, mareas y corrientes. Véase la figura 12.

Mareas.=Definicion.

La marea es ese movimiento singular de las aguas todas, si bien mas sensible en las del Océano, en virtud del cual durante seis horas aumentan y suben en las costas, y durante otras seis bajan como si fueran á desaparecer. El primer movimiento lleva el nombre de *flujo* y el segundo de *reflujo;* llámase *pleamar* el momento en que las aguas están mas altas; y *bajamar* por el contrario, aquel en que se ven mas bajas. En general, y aunque las mareas se hallan sujetas á una porcion de causas que pueden modificar su marcha, se calcula que dos mareas contínuas duran aproximadamente veinticuatro horas y minutos, es decir, el tiempo que emplea la luna para pasar dos veces por el mismo meridiano.

Flujo y reflujo.=Plea y bajamar.

Resulta de la atraccion lunar.

Resultado este movimiento de la atraccion lunar en su mayor parte es fácil inferir que cuando este satélite ejerce su mayor influencia sobre la tierra, ó lo que es lo mismo, en el momento de su *perigeo*, las mareas son igualmente mas fuertes.

En las costas se siente mas que en alta mar.

Las mareas tienen lugar en todas las aguas, con la diferencia de ser mas enérgicas en los grandes océanos que en los mares interiores, y en estos mas que en los lagos. Tambien se notan infinitamente mas en las costas, y en especial en las de los canales, que en alta mar; así

es que mientras en la isla de Otaiti solo sube y baja algunos decímetros, en la costa del canal de la Mancha hay puntos en que llega á 20 y mas metros.

Estuarios.

Llámase *estuario* el punto por donde el mar en sus dos movimientos de flujo y reflujo entra y sale en las sinuosidades de la costa, y principalmente en los rios. En estos encontrando las aguas del mar un fuerte obstáculo en las que bajan por su natural corriente, dan lugar á una especie de barra ú ola grande que con su movimiento impetuoso suele producir efectos terribles de destruccion sobre las orillas del rio. En América llaman *pororoca* á la barra, y *esperas* á aquellos puntos en que por razon de la profundidad del rio y la gran masa de agua la marea conserva el mismo nivel y queda tranquila.

Pororoca. = Esperas.

Las aguas dulces siendo específicamente mas ligeras que las del mar se sobreponen á estas; distinguiéndose á veces á muchas millas de la costa por el color blanquecino ó rojizo que indica los materiales que arrastran.

Corrientes constantes, periódicas é irregulares.

Además del oleaje y de las mareas hay que estudiar en los mares una tercera especie de movimiento debido á causas generales y constantes, unas veces periódicas, mas ó menos locales otras. Este movimiento se conoce con el nombre de *corrientes*, que segun la naturaleza de las causas que las determinan reciben el nombre de *constantes*, *periódicas* é *irregulares*.

Las corrientes tienen lugar en las capas bajas de los mares.

Así como las mareas y el oleaje puede decirse que son propias de la capa superficial de las aguas, las corrientes se verifican en una zona mas baja intermedia entre aquella y otra inferior que casi permanece inmóvil por razon del peso que sufren de las demas.

En tésis general puede asegurarse que el movimiento de las aguas del mar no se extiende en sentido vertical sino á algunos metros, permaneciendo el resto en un estado casi absoluto de tranquilidad por efecto del poder creciente de la presion que unas capas ejercen sobre sus inferiores. Para convencerse de esta verdad basta fijar por un momento la atencion en la corta extension que ocupa la faja de agua turbia pocos momentos despues de una tempestad; lo cual supone que hasta allí y no mas, han ejercido las aguas su accion sobre el fondo.

Causas de las corrientes.

Dos son las principales causas de las corrientes constantes y generales, á saber: 1.ª los vientos alisios, resultado del movimiento rotatorio de la tierra; y 2.ª la diferente evaporacion que se verifica en los polos y en el ecuador. De aquí se deduce la direccion de dichas corrientes y las modificaciones que pueden determinar en el clima de las costas segun el punto de donde proceden.

Para tener una idea de la direccion de las corrientes constantes bastará fijar por un momento la atencion sobre la lámina 10.ª del atlas en la que la direccion de las flechas marca la de aquellas segun las observaciones del capitan francés Perrey.

Corrientes periódicas.

Además de las constantes, en ciertos mares se notan otras corrientes que se llaman periódicas por serlo tambien la causa que las determina. En los de la India y Méjico es en donde principalmente se observan por efecto de la periodicidad de los monzones que reinan en aquellos puntos. Cuando estas corrientes siguen la misma direccion que las generales, favorecen naturalmente su rapidez; mientras que en el caso contrario constituyen los remolinos que son su verdadera rémora.

En algunos mares, como por ejemplo en el Mediterráneo, se nota otra especie de corriente que no es constante ni periódica y depende de la accion del *Gulf Stream*, y en parte tambien de la diferente evaporacion de los dos mares contiguos.

Aplicacion del conocimiento de las corrientes.

La importancia de la direccion de las corrientes es innegable, no solo por lo que su exacto conocimiento puede facilitar la navegacion, sino tambien por los cambios que determinan en los climas litorales y por el poder de destruccion y de acarreo que ejercen sobre todo lo que encuentran y en particular sobre las costas. Sin entrar en mas detalles acerca de esta materia, por importantes que sean sus aplicaciones, para formarnos una idea de este poderosísimo agente bastará decir, que la mayor parte de los canales y estrechos que separan las islas de los continentes, y aun muchos de estos entre sí, á juzgar por la direccion media que ofrecen, son efecto de la accion de las corrientes.

Formacion de canales y estrechos.

Observacion de Babbage.

Respecto á su fuerza de acarreo y al modo de conducirse los materiales que llevan en suspension, solo se necesita apuntar la siguiente observacion del Sr. Babbage, hombre muy competente en la materia. Dice este físico «que si los materiales que lleva una corriente tardan una hora en descender un pié, siendo la velocidad de aquella por término medio de 3 millas por hora, permanecerán suspensos durante 1.500 millas antes de llegar á un fondo de 500 piés.»

Trasportan las balsas de hielos polares.

Otro de los efectos de las corrientes es el del trasporte de las grandes masas de hielo que se desprenden de los mares polares y que con las materias que arrancan flotan á la manera de *balsas* ó *almadías* hasta que el peso específico vence la fuerza de la corriente y desaparecen. El mismo papel representan respecto de los troncos de árboles, frutos &c., que se encuentran flotantes á veces á grandes distancias del punto de procedencia.

Conocidos los efectos de la accion aislada de los rios y de los mares, veamos cuáles son los resultados de la combinacion de estos dos agentes.

Aparato litoral.

La lucha que en las desembocaduras de los grandes rios se establece entre la accion de acarreo de estos y la repulsiva del mar, determina una porcion de efectos que se conocen en la ciencia con el nombre de *aparato litoral*. Este se compone de los *deltas* ó *alfaques*, de los *cordones litorales*, de las *lagunas* y *pantanos*, de los *polders* &c.

Deltas ó alfaques, cordones litorales, lagunas, polders etc.

Delta ó alfaque.

Llámase *delta* ó *alfaque* una especie de terreno particular que se deposita en las embocaduras de los grandes rios, y en especial en los de curso largo, que en razon á su escaso desnivel, solo llevan al mar las partículas más finas y ténues. El nombre genérico de *delta*, recuerda la forma triangular propia de dicho terreno, y se llama así por la analogía con la letra griega Δ de este nombre. *Alfaque*, voz indudablemente árabe, es la que en nuestro idioma representa este fenómeno.

Modo de formarse los alfaques.

En cuanto al mecanismo de la formacion de los *alfaques* es muy sencillo y se reduce á la acumulacion en la desembocadura misma de los rios ó en sus inmediaciones, de los materiales que estos trasportan, repelidos por las aguas del mar ó de los lagos. Aquellos se depositan por capas sucesivas formando un ángulo saliente en direccion contraria á la del rio, y un plano inclinado en la parte opuesta. Esto hace que el rio extienda ó alargue su álveo dentro del mar, obligándole muchas veces á cambiar de curso y á bifurcarse en ramales ó bocas variando completamente el aspecto de la comarca. (Véase la lámina 11.ª del atlas.)

Aumenta n la extension de los continentes.

Antagonista, por excelencia, de la accion destructora de los mares, los *deltas* extienden incesantemente los límites de los continentes estableciendo condiciones de habitabilidad en donde antes no las habia; razon por la cual el hombre se apresura á apoderarse de este rico don de la naturaleza, y á conservarle á toda costa.

Las grandes avenidas y las inundaciones, consecuencia natural de aquellas, al paso que favorecen la formacion de los *deltas* por los materiales que depositan en la desembocadura de los rios, entorpecen el curso de estos, obligándoles á cambiar de direccion ó bien á dividir y bifurcar su álveo constituyendo lo que se llaman *bocas*.

El Océano mientras obra dentro de la esfera de sus límites naturales, contribuye, como hemos dicho, á aumentar estos mismos efectos; pero llega un momento en que crece considerablemente su accion, como sucede en las grandes mareas y tempestades, y entonces destru-

yendo ó salvando las barreras que él mismo se impuso, ó que el hombre construyó como medio de defensa, penetra en el continente adonde lleva y deposita los materiales que arrancó de la costa, los cuales se acumulan por este procedimiento con los que arrastra el rio. Esto da lugar á *lagunas*, *estanques* ó *almarjales* que con el tiempo desaparecen por la continua acumulacion de materiales en su fondo.

Los esfuerzos que el hombre hace para conservar estas tierras vírgenes, precioso don de la Providencia, si bien pueden considerarse por un lado como el mas bello y gigantesco monumento de la industria humana, por otro, como observa muy juiciosamente el célebre Belne, privan al hombre de la facultad de recibir nuevas tierras, pues con los obstáculos aumenta necesariamente la fuerza impetuosa de las olas que concluyen muchas veces por llevarse diques y tierras.

Regiones clásicas en Europa, Holanda y el Véneto.

Las regiones mas favorecidas en Europa bajo este punto de vista son, sin disputa alguna, la Holanda y el Véneto; bastando echar una ojeada sobre los mapas de estas dos comarcas para convencerse de que entrambas son hijas de una misma causa; siendo al propio tiempo admirable la analogía que bajo el punto de vista moral ofrece la historia de estas dos reinas de los mares en diversas épocas. Tan cierto es que la igualdad de condiciones físicas engendran casi siempre, si no identidad, gran semejanza, por lo menos, de carácter y de condiciones morales en el hombre.

Deltas lacustres.

Los *deltas* no todos son marinos; tambien los hay que por razon de formarse en la desembocadura de los rios en los lagos reciben el nombre de lacustres.

El carácter principal que los distingue de los marinos está fundado en la naturaleza de los materiales que entran en su composicion y de los restos orgánicos que en ellos se encuentran; ya que en los unos solo se presentan séres marinos y alguno que otro lacustre y terrestre, mientras que en los otros todos deben ser lacustres y terrestres.

Entrambos tienen, sin embargo, un carácter comun hijo del mecanismo de su formacion; mecanismo que siendo el verdadero reflejo de lo que se verifica en el fondo del mar y de los lagos, nos puede servir de guia seguro en el estudio de los terrenos de sedimento. Si reflexionamos por otro lado que la disposicion y relaciones actuales entre los mares, las costas y los rios que en aquellos desembocan, deben datar desde la última catástrofe que ha sufrido la tierra, es claro que puede tomarse su crecimiento anual, como el mejor cronómetro para apreciar la duracion de la época histórica.

La indicacion de los *alfaques* mas célebres que se conocen en el globo terminará naturalmente esta materia. Entre los marinos el del Nilo por ser el mas antiguamente conocido; el del Ganges por su enorme extension; el del Mississipí por su forma particular; el del Rhin y el Escalda por las tierras que han proporcionado á la Holanda; el del Pó y Adige por haber formado los paises bajos adriáticos, y por fin el del Ebro por el interés que su estudio debe inspirar á todo el que se ocupe en hechos geológicos de la península.

Entre los lacustres, los mas notables son el que forma el Ródano en el lago de Ginebra y el del lago superior en los Estados-Unidos.

Los *cordones litorales* conocidos en Italia con el nombre de *lidi* y en Holanda con el de *marchs*, pueden ser naturales ó artificiales; y se reducen á unas especies de diques que se forman en la orilla del mar que ponen al abrigo de la accion de este las tierras bajas que se encuentran del otro lado. Cordones litorales.

El hombre establece estos obstáculos en el punto que cree mas conveniente; pero cuando son producto de la accion misma de los mares, su mecanismo es muy análogo al de la formacion de los *alfaques*. Sin embargo, se necesitan ciertas condiciones para que se realicen; las principales son: el ofrecer poco fondo el mar; el que la costa presente muchos puntos entrantes y salientes, ó en otros términos que sea entrecortada; y por último, que las aguas estén bastante agitadas para remover los materiales que al depositarse les dan lugar.

La importancia de los cordones litorales se apreciará con solo pensar que tal vez los dos tercios de las costas conocidas deben su configuracion actual á su influencia; redondeándolas unas veces, defendiéndolas otras del combate de las olas &c.

Las barras son especies de *cordones litorales* submarinos situados cerca de la desembocadura de los rios. Barras.

En cuanto á las *lagunas*, *estanques* y *almarjales* (*paludes* en italiano) que se notan en las costas, á las cuales comunican condiciones tan favorables para el desarrollo de enfermedades pestilenciales, ya queda indicado al hablar de los *alfaques* el mecanismo de su formacion, siendo excusado entrar en mayores detalles. Lagunas.

De modo que en conclusion podemos decir: que la accion de los rios y de los mares determina un proteismo constante en las costas ó un estado de cambios contínuos; suministrándoles por un lado los materiales que destruyen y arrancan de otros puntos, y formando en el fondo de los lagos y del mar y en las costas mismas (en los *deltas*) un terreno

nuevo, cuyo estudio puede ilustrar poderosamente al geólogo para llegar á conocer los llamados de sedimento, análogos á aquel por su esencia.

De la exposicion de los numerosos hechos que preceden podemos deducir, que en último resultado la accion de las aguas se reduce á descomponer las rocas y á quitar materiales de unos puntos para depositarlos en otros. La accion de quitar se llama *denudacion* porque deja las rocas al descubierto ó desnudas, y la de depositar *sedimentacion* ó formacion de sedimentos. Veamos si tienen estos fenómenos alguna importancia en la ciencia geológica.

Denudacion.

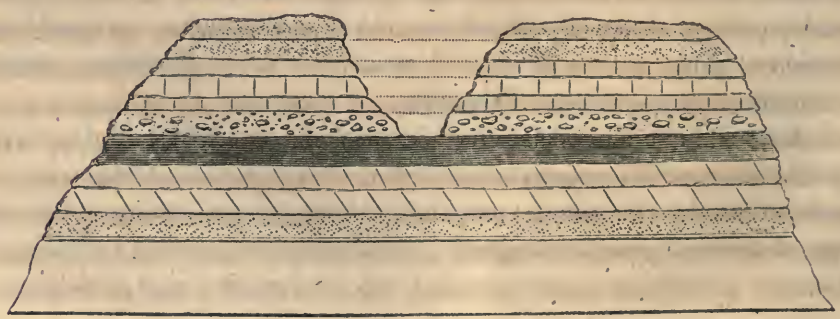
Con la palabra *denudacion* expresan los geólogos uno de los efectos destructores de las aguas corrientes, en el que se presentan á la vista objetos mas ó menos ocultos. *Denudacion*, dice el diccionario de la lengua, «*accion y efecto de quitar á una parte su cubierta natural*» y con efecto, así se entiende tambien en Geología, pues se aplica á la accion que ejercen las aguas sobre las rocas y terrenos, en virtud de la cual desaparece la capa que anteriormente las cubria, indicando la altura que han alcanzado las aguas en las épocas anteriores y en la actual.

No altera la disposicion de los estratos.

El carácter principal de esta accion consiste en no alterar en nada la posicion respectiva de los estratos ó capas de la montaña ó colina en que se ejerce; al revés de lo que sucede en la de las fuerzas subterráneas, que sin quitar materia y muchas veces añadiendo á la que ya existia, alteran mas ó menos su disposicion normal.

Esta accion ha sido algunas veces tan violenta, que ha dado orígen á valles muy considerables que se distinguen perfectamente no solo por la concordancia que se nota entre los estratos de sus bordes, sino tambien por el nivel constante que conservan las montañas y colinas que la han resistido como se ve en la

Figura 13.ª



Las grandes mesetas, y en especial las de Madrid, Paris, Roma &c. son las que ofrecen pruebas mas evidentes de dicha accion. Allí se ven surgir de en medio de la llanura una porcion de colinas, siete por ejemplo en Roma, sobre las que está construida la ciudad eterna, las cuales guardan un mismo nivel y una regularidad tal en sus estratos, que nadie pone en duda el que deban considerarse como los verdaderos vestigios de este hecho curioso, á cuya influencia pudieron resistir por circunstancias locales, topográficas ó geológicas. Cuencas de Madrid. Paris, Roma, &c.

La diferencia de nivel entre el límite superior de este fenómeno y el de las aguas, que hoy corroen las bases de las colinas ó montes, y la presencia de grandes cántidades de guijarros rodados en puntos muy elevados, demuestran la insignificancia de la accion de denudacion actual comparada con la de otras épocas; así como la presencia de dichos monumentos en casi todas las regiones del globo son una de las mejores pruebas de la universalidad de la última catástrofe referida en los libros sagrados.

Bajo el nombre de *sedimentacion* se comprende en Geología el estudio de todo lo relativo á los principios y leyes que rigen la disposicion y modo particular de colocarse los materiales que por la accion de las aguas corrientes ó de los mares y lagos van á depositarse en su fondo. Estudio importantísimo, y que á la manera de lo que dijimos del volcanismo respecto de los terrenos que proceden del enfriamiento del interior del globo, podemos considerarle como la verdadera clave para el estudio de los terrenos estratificados ó de sedimento que daremos á conocer. Sedimentacion.

Dejando aparte los materiales que se depositan en el álveo de los rios, pues en último resultado y con auxilio del tiempo todos van á parar al fondo de los lagos y mares, veamos de qué modo esto se verifica. Pero antes bueno será fijar el valor de ciertas voces de que tendremos que valernos muy á menudo en esta seccion.

Por *capa* ó *estrato* se entiende en Geología una masa mineral cuyos planos superior é inferior, si es horizontal, y laterales si es vertical, son paralelos; no tomando esta voz en un sentido estrictamente matemático, cualesquiera que sean los accidentes á que esté sujeta. Sin entrar por ahora en mas detalles, pues estos pertenecen de derecho al artículo estratigrafía, bastará tener presente esta definicion para decir, que cuando los dos planos de las masas minerales ofrecen un paralelismo bastante regular, es una prueba indudable de ser el resultado de una accion normal y no interrumpida: mientras que la falta de este paralelismo Capas.

supondrá ó una accion interrumpida, ó bien haber experimentado trastornos posteriores á su formacion.

Estratificacion. Llámase *estratificacion* el modo de colocarse las capas y los accidentes que estas pueden ofrecer en los terrenos.

Mecanismo de la sedimentacion. En cuanto al mecanismo de la formacion de las capas minerales en el fondo de los lágos y mares deberá ser distinto segun que la accion sea química ó mecánica. Los depósitos químicos son el resultado de cambios ocurridos en las sustancias que están disueltas en el líquido, ó de la introduccion de materias nuevas: en el uno y en el otro caso se determina la insolubilidad de la materia, condicion indispensable para que se verifique el depósito.

En el momento en que la sustancia se hace insoluble por una de las dos causas indicadas, la materia se deposita por capas, no solo en el fondo del lago, del mar ó de la vasija, si se trata de algun experimento, sino que tambien en las paredes laterales y aun en las superiores; como lo demuestran bien claramente las incrustaciones que se forman en los tubos y cañerías de conduccion de aguas.

En el ejemplo que presenta la siguiente figura se demuestra claramente la utilidad de estas consideraciones, pues el dia en que las capas *b* se pongan al descubierto, podria considerarse su inclinacion como resultado de una accion de levantamiento procedente del interrior, mientras que en realidad su disposicion depende de la forma del fondo *c. d.* sobre que estas capas se han depositado.

Figura 14.ª

a. Nivel del flúido en que se verifica el depósito químico.

b. Capas, resultado de esta accion.

c. d. Capas de terreno que han servido de base.

La sustraccion del ácido carbónico determina la insolubilidad del carbonato cálcico que llevan las aguas con frecuencia en disolucion; entonces se deposita fijándose alrededor de todos los objetos que en-

cuentra, dando lugar al terreno de incrustacion del cual forman parte esas columnas y pirámides que tanto hermosean el interior de las cavernas y que han recibido el nombre de *estaláctitas* las de arriba ó de la bóveda, y *estalacmitas* las del suelo ó inferiores.

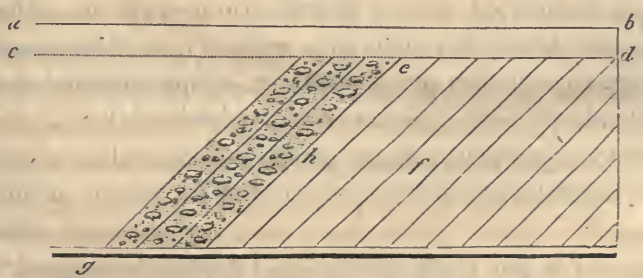
Las incrustaciones de sílice que se observan alrededor de los geyseres de Islandia, y que han dado orígen al mineral llamado *geyserita*, nos dan otro ejemplo de este modo de sedimentacion química. Las incrustaciones de los Geyseres.

Depósitos mecánicos. En cuanto á la sedimentacion mecánica se reduce á la separacion de los materiales que las aguas arrastran y á su colocacion y arreglo en el punto en que se depositan. Pero en el modo de verificarse esta operacion hay que atender á una multitud de circunstancias importantes.

En primer lugar, los materiales no solo serán arrastrados á una distancia que esté en razon directa de la velocidad de la corriente y en la inversa de su peso específico, sino que, y esto es preciso tenerlo muy en cuenta, al tiempo de depositarse se tendrán que adaptar á la configuracion especial del punto en donde esto se verifica. Esto es de la mayor importancia, pues puede dar lugar á falsas apariencias que suelen inducir en error á los geólogos preocupados por los principios demasiado exclusivos de la teoría ó sistema de los levantamientos: para convencernos de esto bastará poner un ejemplo de lo que se observa hoy dia y fijarlo en la mente por medio de una figura.

Cuantas veces los materiales arrastrados por una corriente pasan de un bajío á un gran fondo se depositan en la escarpadura con una inclinacion, que segun el Sr. Labeche puede llegar hasta los 40°. La presente figura servirá para aclarar este hecho importante.

Figura 15.ª



a. b. superficie de la corriente que se desliza sobre la roca *d. e.*; los materiales que lleva, no pudiendo seguir en la direccion *e. c.* por el obstáculo que encuentran en el agua del fondo, se depositan sobre el plano *h. e.* formando con su direccion primitiva un ángulo muy abierto.

Ahora bien, admitido esto podrá suceder que las capas del escarpe sobre el cual se verifica el depósito sigan la misma direccion que los materiales que la cubren; y en este caso, un geólogo poco experimentado creerá que los dos órdenes de capas han sido levantados por la misma causa y en la misma época, lo cual, por lo visto, sería un error.

El ejemplo propuesto y otros muchos que en confirmacion de esta doctrina pudieran presentarse son del mayor interés por cuanto quitan á la bella y fecundísima teoría del levantamiento de las montañas su esclusivismo; pues es claro que no bastará que las capas de un terreno estén mas ó menos inclinadas para admitir á ciegas este hecho tan trascendental, como la esplicacion de dichos accidentes demuestra.

El mejor criterio para resolver esta cuestion nos le dá, primero el espesor de las capas; pues si es igual en toda su extension denota que los materiales se han depositado horizontalmente; de otro modo la parte baja de aquellas alcanza mas espesor: y segundo, la disposicion de los materiales, pues como hace notar el Sr. Saussure, los cantos, chinas, conchas y demas materiales de algun tamaño, se depositan de tal modo que siempre su eje mayor es horizontal, siguiendo en esto las leyes de la gravedad; ahora bien, si en las capas inclinadas vemos que dicho eje es paralelo al plano de estratificacion, es una prueba evidente de que los materiales se depositaron en estratos horizontales levantados posteriormente: en el caso opuesto la sedimentacion se verificó originariamente inclinada.

Cuando la corriente es de tal naturaleza que no puede arrastrar los materiales que lleva en suspension mas allá del punto en que pasa de un bajío á un gran fondo, aquellos se depositarán en el escarpe siguiendo su propia inclinacion. Si por el contrario la corriente es muy violenta y bastante ténues los materiales, estos arrastrados á gran distancia por aquella concluirán por depositarse, adaptándose á las desigualdades del fondo primero, y luego en capas horizontales.

Cuando los materiales son de escaso tamaño y la corriente débil, tambien se depositarán sobre el escarpe en capas tan inclinadas como él.

Los materiales por regla general son trasportados y su depósito se verifica tambien en razon de su densidad ó peso específico, y de su forma y volúmen: si bien esto tendrá lugar en las circunstancias normales de la corriente, pues cuando la violencia de esta aumenta de un modo notable, como sucede en las grandes avenidas, lejos de formarse un depósito regular en el que los fragmentos se separan por tamaños,

empezando por los mas voluminosos, se verificará un sedimento confuso de fragmentos de todas dimensiones.

Aplicaciones. De lo dicho pueden sacarse algunas aplicaciones á la geología práctica de la mayor utilidad y trascendencia. La primera es, que del aspecto que nos ofrece un terreno, podemos inferir la naturaleza de las causas que lo han formado; y la segunda, que á volúmenes iguales en corrientes normales las rocas, lo mismo que los séres orgánicos se depositarán en fajas, zonas ó capas diferentes segun su respectivo peso específico. De aquí la grande utilidad de conocer la densidad de las rocas principales y de algunos de los séres orgánicos en que este carácter está hoy dia bien conocido, necesidad que se ve satisfecha en esta reseña.

PESO ESPECÍFICO

DE LOS MINERALES MAS COMUNES EN LA FORMACION DE LAS ROCAS.

Selenita	2,2 á 2, 4
Espato calizo	2,71
Aragonito	2,93
Feldespato	2,53 á 2,60
Albita	2,61 á 2,68
Esteatita	2,63
Clorita	2,71
Hiperstena	3,38
Anfibol	3,27
Augita	3,16
Granate	3,61 á 4,20
Anfigena	2,48
Turmalina	3,07
Pirita de hierro	4, 5 á 4,90

PESO ESPECÍFICO DE LAS ROCAS MAS COMUNES.

Caliza basta	2,62
Creta pura	2,49
Arenisca verde superior	2,47
Idem id. inferior	2,61
Oolita de Portland	2,55
Idem de Bath	2,47
Caliza pizarrosa de Stonesfield	2,66

Caliza pizarrosa del Lias	2,64
Marga del Keuper	2,61
Caliza carbonífera	2,75
Pizarras de la ulla	2,59
Mármol de Carrara	2,70
Gneis	2,72
Traguita	2,42
Basalto	2,78

PESO ESPECÍFICO DE ALGUNAS CONCHAS.

TERRESTRES.

Helix Pomatia	2,82
Bulimus decollatus	2,85
Bulimus undatus	2,85
Auricula bovina	2,84
Helix citrina	2,87

DE AGUA DULCE.

Unio cardisce	2,79
Unio cicatricosus	2,80
Paludina	2,82
Cyrena sumatrensis	2,82

MARINAS.

Argonauta tuberculosus	2,43
Nautilus umbilicatus	2,64
Janthina communis	2,66
Lithodomus Dactylus	2,67
Teredo (grande especie de las Indias orientales)	2,68
Haliotis tuberculatus	2,70
Cyprina vulgaris	2,77
Mytilus bilocularis	2,77
Strombus gigas	2,77
Chiton	2,79
Pholas crispata	2,82

Cytherea maculata	2,83
Bulla	2.83
Voluta música	2,83
Cassis testiculus	2,83
Strombus gibberulus	2,83
Pirula melongena	2,84
Tellina radiata	2.85..3

La disposicion hojosa de las areniscas micáceas, la de las pizarras y una porcion de otros accidentes que ofrecen las rocas, encuentran una esplicacion natural en estos principios; pues se comprende fácilmente que siendo los materiales de peso ó de forma diferente, es claro que se depositarán por capas ú hojas; de donde la estructura que acabamos de indicar y otras.

Algunas veces se presenta la estratificacion como ondulada y de aspecto irregular siguiendo las ondulaciones una direccion opuesta á la de los planos que indican las interrupciones del depósito: esto es efecto de corrientes encontradas en las que la accion de unas se opone á la de las otras, ó bien el resultado de la accion de las corrientes sobre el fondo de los mares.

Rocas producidas por la accion química.

Las principales rocas, producto de la accion química de las aguas, son: la *caliza incrustante* y concrecional, la *geyserda*, el hierro *limonita*, muchos yesos y otras.

Rocas de orígen mecánico.

Las *arenas*, las *arcillas*, las *calizas*, hijas de la destruccion de los bancos de coral y las de sedimento; las *areniscas*, y la inmensa mayoría de las rocas estratificadas, son producto de la accion mecánica de las aguas.

Rocas mistas.

Las *brechas* y *pudingas* reunidas por un cemento ferruginoso, calizo ó silíceo, son, por decirlo así, efecto de una accion mista, en parte química y en parte mecánica.

Accion del agua en estado sólido.

El agua en estado sólido puede presentarse en forma de hielo y de nieve.

El hielo se encuentra al exterior ó en la masa misma de las rocas, y en ambos casos ejerce una accion muy notable, fundada en la gran dilatacion que el agua experimenta al pasar del estado líquido al sólido. El poder mecánico del agua fundado en este principio es inmenso, y se pone muy particularmente de manifiesto cuando la congelacion se verifica en el interior de las grietas de las rocas; pues dilata poderosamente las hendiduras, y cuando el agua vuelve á su estado normal faltando el

apoyo que sostenia sus paredes, estas caen y se precipitan en fragmentos rellenándose á veces, ó bien contribuyendo á la formacion del talud ó derrumbadero de las montañas.

Los efectos de la congelacion de las aguas en los rios, en los lagos y mares, no son tan notables como los de las nieves, á pesar de ocupar una extension considerable en los dos polos, y dar orígen por el desprendimiento de sus grandes masas á las balsas flotantes, por medio de las cuales, y á beneficio de las corrientes, son trasportados á largas distancias árboles, tierra, y hasta gruesos fragmentos de rocas.

Agua en estado de nieve.

El agua sólida bajo la forma de nieve, cuyo orígen está fundado en el mismo principio que el de la lluvia, es decir, en el enfriamiento mayor del agua que lleva en su seno la atmósfera, determina una porcion de efectos dignos de la mayor atencion.

La nieve puede ser temporal ó pasajera y perpétua, segun el tiempo que persiste en la superficie terrestre. En el primer caso sirve por la evaporacion para conservar la humedad de la atmósfera; y por el deshielo alimenta las fuentes y da orígen á una porcion de riachuelos y rios mas ó menos caudalosos; en el segundo, además de todos estos efectos, determina otros que explican perfectamente una multitud de hechos curiosísimos de la física actual del globo y del último período de su historia.

Para mayor claridad, trataremos primero de las nieves perpétuas de los países montañosos, tomando por tipo los Alpes, y despues de las de las regiones polares.

Campos de nieve, neveras y ventisqueros.

El señor Agassiz, cuyas publicaciones demuestran ser muy competente en tan importante materia, admite tres regiones distintas en las nieves perpétuas de los Alpes, que procediendo de arriba abajo, son: 1.ª Los campos de nieve. 2.ª Las neveras (Nevés). Y 3.ª Los ventisqueros (1) (Glaciers). La nieve en cada una de estas tres regiones afecta, como veremos mas abajo, una estructura y condiciones diferentes, siendo mas marcada esta diferencia entre los ventisqueros y las neveras; por cuya razon á la línea que los separa la distingue este autor con el nombre de límite de las neveras.

Posicion de estas regiones.

Los campos de nieve ocupan en los Alpes las altas mesetas y collados superiores á los circos de las neveras, sin que por esto se crea que estas

(1) Aunque persuadido de la poca exactitud de estas expresiones, me veo obligado á adoptarlas á falta de otras en nuestro idioma. Acaso la voz *Glaciar*, derivada del latin *glacio, as, are,* llenaría este vacío; pero el temor de que se tome por una mala traduccion del francés *glacier*, me hace desistir de esta idea.

proceden de aquellos, y mucho menos aun los ventisqueros. La extension vertical de los campos de nieve no baja de 2,000 metros, á partir de la base de las aristas que rodean los circos, hasta las cimas mas elevadas.

Las neveras, conocidas en Suiza con el nombre de Firn, se encuentran en el interior de los circos en una region intermedia entre los ventisqueros y los campos de nieve; ocupando una extension superficial notable, que á veces excede á la de los ventisqueros mismos. El carácter que distingue á estas grandes masas de nieve, es la escasa pendiente que ofrece su superficie, que no llega á 8° en las correspondientes á ventisqueros de primer órden; y tambien la gran uniformidad de su masa en la que no se observan canchales, arroyos, ni agujas; y aun son muy raras las hendiduras.

Por último, los ventisqueros, verdadero centro de accion de la nieve, se hallan situados en una region inferior, no solo á la de los campos de nieve y neveras, sino, lo que es aun mas notable, á la de la vegetacion; en general ocupan el fondo de los grandes circos de donde se extienden por los valles que de ellos arrancan. Las grandes hendiduras con las mesas y agujas, los arroyos, canchales y otros accidentes notables que examinaremos detenidamente, forman el carácter que distingue á la nieve de los ventisqueros de la de las neveras y campos de nieve.

El Sr. Charpentier en su excelente Ensayo sobre los ventisqueros y el terreno errático de la cuenca del Ródano, divide las nieves perpétuas de los Alpes en neveras altas y bajas y ventisqueros.

Concretándonos, sin embargo, á la division establecida por el célebre Agassiz, veamos la accion que desempeña la nieve en cada una de las indicadas regiones, no sin decir antes algo acerca de su respectiva estructura, coloracion, estratificacion, &c.

Estructura de la nieve.

La nieve perpétua ofrece en su estructura todos los términos imaginables desde el estado cristalino, que es el que presenta al precipitarse de las altas regiones de la atmósfera, hasta el de nieve-hielo compacto; pasando por los intermedios de harinosa, pulverulenta y granillosa ó granosa. En la superficie al menos de los campos de nieve, y aun de las neveras, la nieve que se presenta primero polimorfa toma el aspecto harinoso y pulverulento, y aun granilloso, efecto de la destruccion y obliteracion de sus propios cristales, determinada por las frecuentes variaciones de temperatura. A corta distancia, sin embargo, de la superficie en las neveras, se convierte en un hielo granoso y opaco que á medida que profundiza se hace mas y mas compacto. Esta singular tras-

formacion se debe, segun Agassiz, á una segunda cristalizacion que adquiere el agua al penetrar en la masa de la nevera.

Grietas capilares en la nieve.

En el fondo de estas, y en toda la masa de los ventisqueros, la nieve se convierte en un hielo compacto parecido á una verdadera roca por efecto del agua, que al congelarse en su interior aglutina ó cementa sus granos, ofreciendo por carácter principal el hallarse atravesada su masa de una red ó tejido de grietas capilares casi imperceptibles. Estas grietas, que conviene no confundir con las que se forman en la superficie del ventisquero por la salida de las burbujas de aire de la nieve misma, es uno de los hechos mas importantes de los ventisqueros; pues no solo son los canales de filtracion del agua que penetra en su masa, sino que extendiéndose en determinadas direcciones, constituyen las fajas azules que se notan en las grandes hendiduras, y siguiendo los planos de estratificacion que en ellos afecta la nieve. Agassiz piensa, con bastante fundamento, que la causa de estas grietas que tanta importancia tienen en la economía de los ventisqueros, reside principalmente en la propia presion de la nieve y en las variaciones de temperatura.

El Sr. Martins dice, que al contacto de dos capas contiguas de nieve esta se hace mas compacta y dura, al par que mas intensa su coloracion.

El hielo que procede de la congelacion del agua, ofrece cierta disposicion regular en los fragmentos angulosos, que nunca se nota en la nieve compacta de los ventisqueros, aun en la mas pura y trasparente.

De modo, que por efecto de las variadas causas que obran sobre las nieves perpétuas, y muy especialmente sobre la de los ventisqueros, la estructura de aquellas, y los accidentes que las distinguen, difieren considerablemente de los del hielo lo mismo que de los de la nieve comun; diferencia que puede notarse en los ventisqueros mismos, pues en su superficie se encuentra á menudo el agua en estos dos estados.

Coloracion de las nieves perpétuas.

Otro fenómeno curiosísimo presentan las nieves perpétuas, y es la variada coloracion que afectan en las diferentes regiones. En general la nieve es tanto mas blanca, cuanto mas elevado es el punto que ocupa; á medida que desciende se hace parda; y lo que es mas notable, va tomando una coloracion azul dependiente en gran parte de la red de grietas capilares que contribuyen tambien á hacerla mas trasparente. Pocas cosas hay ciertamente que exciten mas la admiracion y encanto del viajero de los Alpes, como esa tinta azul intensísima que en las partes bajas de un ventisquero adquiere la nieve, sobre todo, si á beneficio de las grandes cavernas que allí existen se llega hasta el corazon.

digámoslo así, de aquellos colosales montes de agua petrificada. Nunca olvidaré la visita que el 1.° de Agosto de 1858 hice en compañía de una persona para mí muy querida, al ventisquero inferior de Grinderwald (Alpes de Berna); pues habiendo penetrado en el interior de aquellas hendiduras, nos creimos trasportados á una de esas mansiones fantásticas creadas por la exaltada imaginacion de los poetas. Y por mi parte recordé tambien la famosa *grotta azura* de la isla de Capri (Nápoles) con la que este fenómeno tiene alguna semejanza, aunque dependiente de causas muy diversas.

Color rojo de la nieve.

Algunas veces suele ofrecer la nieve un color rojo mas ó menos intenso. Saussure fué el primero que observó este hecho, que atribuia al polen de alguna planta; notando el mismo que raras veces se presenta este color mas allá de cierta altura. Posteriormente no solo se ha confirmado la observacion de tan eminente físico, sino que se ha reconocido que la causa no es otra, segun el Sr. Schuttleworth, sino la acumulacion sobre la nieve de un número prodigioso de animales infusorios pertenecientes á los géneros *Astasia*, *Gyges*, *Monas*, *Pandorina* &c., y de algas ó esporos microscópicos, especialmente del *Protococus nivalis* y *nebulosus*, del *Hœmatococus sanguïneus*, y de otros.

Estratificacion de la nieve.

La nieve se presenta con frecuencia en capas, dando lugar á lo que llamaremos estratificacion al hablar de los terrenos: hecho curioso que aunque se nota con mas claridad en las neveras, no les es peculiar; tambien los ventisqueros la presentan, por mas que algunos la hayan puesto en duda. Esta disposicion la determina la nieve que cae en las regiones altas, y solo se interrumpe cuando existe completa solucion de continuidad entre las neveras y los ventisqueros. Cada capa representa, con poca diferencia, la cantidad de nieve que cae en una estacion. La interposicion de grava y arena fina entre los estratos, contribuye á separarlos por medio de líneas oscuras y poco definidas. Las capas auxilian la accion de las grietas, siendo como estas los conductos naturales, que facilitan la penetracion del agua en la masa del ventisquero. La congelacion de este agente en dichos canales determina tambien la formacion de fajas azules que sirven de punto de partida de otras del mismo carácter. Por esto dijimos mas arriba que estas fajas seguian próximamente la direccion de las capas.

Despues de haber examinado, aunque someramente, todo lo relativo á la parte estática de la nieve perpétua, veamos ahora cuáles son los rasgos mas característicos de su dinámica.

La mayor parte de los efectos de la nieve perpétua en actividad

Absorcion del agua.

dependen de la absorcion del agua que procede de lluvia ó del deshielo de su propia masa. En los campos de nieve, esta operacion es nula ó insignificante, por razon de la sequedad del aire, y consiguiente rareza de las lluvias; en las neveras, que ocupan puntos elevados, es escasa no solo por las razones indicadas, sino tambien por el poco espesor de su masa: solo en la parte baja de estas, y en particular en los ventisqueros, es en donde la filtracion se verifica en gran escala, principalmente durante el dia y en el verano.

De la diferente absorcion en las diversas regiones de la nieve depende principalmente el carácter peculiar de cada una de ellas; pues el agua absorbida durante el dia se congela por la noche en el momento en que la temperatura baja á 0; y como este agente adquiere en dicho tránsito un aumento considerable de volúmen, de aquí todos los fenómenos curiosos que distinguen á la nieve del ventisquero.

Trasformacion de la nevera en ventisquero.

Lo dicho basta para comprender el mecanismo del tránsito de las neveras á ventisqueros, que consiste ó se funda principalmente en la rapidez con que se verifica la absorcion del agua en el momento en que aquellas entran en la region de las lluvias y del deshielo. Muchas causas, topográficas las unas, y climatológicas las mas, concurren á modificar y determinar el punto en que esta metamórfosis se verifica; por cuya razon no siempre es fácil fijar el límite entre aquellas y estos; pero lo esencial es saber que el verdadero receptáculo de los ventisqueros son las neveras; y que una vez establecidas estas, bastará para la existencia de aquellos, que á los dias calurosos ó de lluvia sucedan con mas ó menos regularidad las noches frias.

Absorcion desigual en el ventisquero

En los ventisqueros mismos se comprende que la absorcion no pueda verificarse por igual en toda su masa; pues hay una porcion de causas tales como la exposicion y pendiente de su superficie, la cantidad de agua que en los diferentes puntos de esta cae ó se derrite, que la modifican al infinito. La diferente dilatacion que determina esta circunstancia, explica plausiblemente la mayor parte de los fenómenos que distinguen al ventisquero, tanto en la estática que hemos examinado, como en la dinámica de que nos estamos ocupando.

Division de los ventisqueros.

Pero antes de entrar de lleno en este exámen, veamos si todos los ventisqueros merecen igual interés é importancia. El gran Saussure ya admitia en su tiempo dos clases de ventisqueros; y refiriéndolos á su respectiva posicion topográfica, decia que los unos se hallan encerrados en valles mas ó menos profundos á bastante altura, aunque coronados por montañas mas altas; mientras que los otros se observan en las pen-

dientes de las grandes montañas. Esta distincion la ha confirmado posteriormente el célebre Agassiz, llamando á aquellos ventisqueros de primer órden y á estos de segundo, asignándoles los siguientes rasgos característicos. La pendiente sobre que descansan los primeros es suave, no excediendo de 10°; mientras que la de los segundos no baja de 15° y llega hasta 50° y mas. Aunque las condiciones de clima, temperatura, exposicion &c. son en ambos casi iguales, diferenciándose de consiguiente muy poco, en cuanto al procedimiento de su formacion y en sus principales caractéres físicos; sin embargo, generalmente hablando, faltan en los de segundo órden los conos de grava, los agujeros meridianos, las grandes mesas ú hongos, y los anchos y copiosos arroyos que caracterizan la superficie de los ventisqueros de escasa pendiente. Por último, para el establecimiento de aquellos, solo se necesitan condiciones climatológicas, mientras que el de estos, que por otro nombre suelen llamarse grandes ventisqueros, requiere el concurso de las topográficas reducidas á la existencia á una altura que no baja en los Alpes de 2.600 á 2,700 metros, de un circo ancho en el orígen del valle cuyo fondo de escaso desnivel permita la acumulacion de la nieve en gran cantidad, como se observa en casi todos los de la Suiza, y en especial en los del Aar, de Aletsch, del Ródano &c. Si falta cualquiera de estas dos circunstancias, no pueden presentarse grandes ventisqueros, por mas que haya nieves perpétuas; pues cuando mas, darán lugar á los de segundo órden. De manera, que podemos decir con Agassiz, que si estos son fenómenos puramente climatológicos, los grandes ventisqueros son climatológicos y orográficos á la vez.

Simples y compuestos.

Segun que tienen ó no afluentes los ventisqueros, son simples ó compuestos: en el último caso se llama principal el que recibe á los otros, conocidos tambien por laterales.

Caractéres propios de los grandes ventisqueros.

La superficie de los grandes ventisqueros ofrece al estudio y contemplacion del geólogo grandes hendiduras, pirámides ó agujas, arroyos, pozos, agujeros meridianos, mesas ú hongos y materiales térreos procedentes de las montañas vecinas.

Hendiduras.

Cuando el ventisquero en su marcha mas ó menos rápida, determinada por la dilatacion de la nieve al congelarse el agua en su interior, encuentra algun fuerte obstáculo en la desigualdad del terreno sobre que descansa, se resquebraja y agrieta su superficie, determinando las grandes hendiduras que le comunican un sello particular. Los bordes de estas se presentan desiguales y fracturados, y de aquí el aspecto que ofrece el ventisquero, muy parecido, cuando se mira á cierta distancia, al

del mar embravecido, si por la imaginacion nos le representamos congelado.

En la mayor parte de los ventisqueros se observan las especies siguientes de grandes hendiduras: 1.ª Marginales y onduladas ó en zig-zag, propias de las partes laterales del ventisquero. 2.ª Medias, que se forman en el centro de este espontáneamente y con detonacion. 3.ª De escarpe, que corresponden á los puntos de mayor inclinacion y dan orígen á las pirámides ó agujas. Y 4.ª Longitudinales, que se encuentran, de preferencia, en la extremidad inferior de aquellos ventisqueros que se ensanchan por las condiciones topográficas en que se encuentran.

Pirámides ó agujas.

Cuando las grietas ó hendiduras corresponden á escarpes ó grandes cortes de terreno y á un fondo muy desigual, se fraccionan; y auxiliada esta accion por la del calor solar, del aire y de las lluvias toman el aspecto de pirámides, conos ó agujas, que contribuyen, y no poco, á dar á su superficie un aspecto muy curioso.

Arroyos.

La existencia de arroyos de mayor ó menor importancia en la superficie del ventisquero es la consecuencia natural del derretimiento de la nieve por la accion del calor y del agua de lluvia que cae y la corroe. Los arroyos, que á su vez determinan los pozos, los agujeros meridianos y otros accidentes análogos, suponen una pendiente igual y uniforme en el ventisquero; de donde se deduce que estos y las hendiduras son accidentes que se excluyen recíprocamente, no solo por las diferentes condiciones topográficas que aquellos y estas exigen, sino tambien porque las grietas interceptan el paso á las aguas corrientes que van á perderse en el fondo del ventisquero. Los arroyos son poco estables en las nieves perpétuas, pues si bien son numerosos durante el verano por razon de la influencia del calor, hácia el fin de la primavera casi desaparecen del todo por efecto de la nieve que cayó en el invierno. Tambien suelen dejar de correr las aguas en la superficie del ventisquero durante la noche, sobre todo si esta es fria, por efecto de la congelacion. Pero esto se entiende tan solo respecto de los pequeños arroyos, pues en los grandes, cuando mas, se forma una capa de hielo en la superficie, circulando las aguas por debajo.

Mesas ú hongos.

Conos de grava &c.

Es muy frecuente encontrar en la superficie de los ventisqueros de primer órden materiales de todos tamaños, cuya acumulacion da lugar á lo que llamaremos mas abajo *canchales*. A veces los grandes cantos descansan sobre un pié ó zócalo de nieve, por haber desaparecido la que los rodeaba; en este caso toma el aspecto de una mesa ú hongo, y se llaman así por los habitantes de la Suiza; otras veces no es un pe-

ñasco solo, sino una cantidad mayor ó menor de grava ó piedras pequeñitas las sostenidas por una especie de pedestal, y á esto se le da el nombre de *conos de grava*.

Barrancas ó arroyadas, lagos &c.

En la extremidad inferior de los ventisqueros suelen presentarse grandes excavaciones parecidas á valles de erosion, dispuestas casi siempre en forma de abanico, irradiando desde el centro; tambien se ven lagos de mayor ó menor importancia en donde se depositan parte de las aguas que proceden del deshielo de la nieve y muchos materiales arrojados por el ventisquero, dando con el tiempo lugar á aluviones glaciales muy importantes.

Canchales.

Por último, otro de los hechos mas importantes y característicos de los ventisqueros es lo que llamamos canchales (1), ó sea la acumulacion en la superficie, en la extremidad inferior y en los bordes de aquellos, de los materiales que se desprenden de las altas montañas.

Canchales superficiales, laterales y frontales.

Segun la posicion que ocupan así reciben los canchales las denominaciones de superficiales, laterales y terminales ó frontales; observándose en todos ellos un hecho cuya importancia apreciaremos mas adelante, y es que raras veces se mezclan los cantos y piedras que los constituyen, á diferencia de lo que sucede con la accion de acarreo ó trasporte del agua líquida, que todo lo mezcla y confunde. Esta notable separacion, por su naturaleza y procedencia, de los materiales, nos indica la diferente composicion de las montañas que los suministran, y es hija del procedimiento que emplea la Naturaleza para la formacion de tan curiosos depósitos. La falta de estratificacion y la mezcla de materiales de todos tamaños, junto con la forma angulosa y pocas veces redondeada de los cantos ó piedras que en ellos existen, son tambien caractéres distintivos de los canchales. Aunque el aspecto de estos es variable y dependiente de las condiciones topográficas del ventisquero y de los montes que lo rodean, sin embargo, los que ocupan la superficie y bordes ú orillas generalmente son longitudinales en forma de regueros ó cordones, mientras que los terminales, que son los mas importantes, pues en último resultado á ellos van á parar todos los materiales, son semicirculares y en forma de diques, como los que se notan al desembocar en la llanura los valles de las grandes montañas, que es precisa-

(1) Aunque la palabra *canchal*, sinónima de peñascal, represente mas bien el efecto de las aguas corrientes que el de las nieves perpétuas, la prefiero á las de *moraina* y *morena*, mala traduccion de la expresion francesa *moraine*, admitidas por otros, pues por lo menos es mas castiza.

mente á lo que dan el nombre de canchal los habitantes de la próxima cordillera carpentana y los de Extremadura.

Formacion de los canchales.

La formacion de los canchales es debida á la marcha mas ó menos rápida de los ventisqueros, hija del aumento extraordinario de volúmen que la congelacion del agua determina en su masa, combinada con las condiciones topográficas de aquellos y con un fenómeno curioso llamado ablacion del ventisquero, reducido á la desaparicion anual de una capa variable de nieve por la evaporacion y el deshielo.

Marcha ó movimiento del ventisquero.

Al que no haya estudiado prácticamente esta cuestion se le resistirá creer que una masa, al parecer inerte, de nieve, pueda hallarse dotada de un movimiento de expansion á veces tan considerable que, segun consta de las observaciones de Agassiz, el ventisquero del Aar avanzó en 1842, en el punto llamado la *Posada de los Neufchatelenses*, 82 metros. La fuerza que desarrolla este poderoso agente en su marcha es tal, que nada le resiste; pudiendo citar en confirmacion el caso citado por Charpentier de una masa de serpentina llamada *Blaustein*, del volúmen de 244,000 piés cúbicos, medida por Mr. Venetz, que en 1818 fué trasportada á alguna distancia por el ventisquero de Schwarzberg, en el valle de Saas.

Los ventisqueros no se mueven por su propio peso.

Algunos explican este movimiento por el propio peso de la nieve; pero al ver masas enormes en ciertos ventisqueros que, á pesar de apoyarse sobre pendientes de 45 y mas grados, conservan su posicion sin desplomarse, no se puede menos de desechar semejante idea (1). Además, consta de las observaciones de Agassiz, que los ventisqueros de primer órden, cuya pendiente es suave, marchan con más rapidez que los de segundo cuyo desnivel es mayor; lo cual no sucederia si su movimiento dependiese del peso de la nieve. En confirmacion puede citarse el ventisquero de Tza, en el valle de Illiez, procedente de Montblanc, que, segun Charpentier, ofrece una pendiente de 50°, y que, sin encontrar á su paso obstáculo alguno, se mantiene en semejante posicion, al parecer providencial: en contraposicion el llamado Mar de Hielo, en la misma montaña, en el valle de Chamouny, que sin exceder de 6° su pendiente se mueve con notable rapidez, á pesar de la inmensidad de su masa que, segun este geólogo, es de 54,000 piés de largo, sobre un cuarto de legua de ancho y 120 á 160 piés de espesor ó profundidad.

(1) No se crea por esto, sin embargo, que dejen de desprenderse alguna vez masas considerables de nieve de los ventisqueros por causas diversas. Este fenómeno, que llena á veces de espanto á los habitantes y viajeros de los Alpes, se llama en castellano *alud* y no *avalancha*, como han dado algunos en traducir *avalanche*.

La verdadera causa, pues, de este hecho tan curioso y de la dinámica toda de los ventisqueros es, como queda indicado, la dilatacion que experimenta la nieve al congelarse en su masa el agua de lluvia y la que procede directamente del deshielo. Ahora bien: hallándose esta causa sujeta á mil modificaciones dependientes de circunstancias topográficas y climatológicas, tambien la marcha del ventisquero debe ofrecer accidentes tan curiosos como variados. Así es que, en tésis general, las regiones superiores caminan mas de prisa que las inferiores, y en una misma seccion las partes laterales son mas lentas en su marcha que el centro: tambien puede sentarse el principio de que la rapidez en la marcha de un ventisquero está en razon directa del espesor de su masa y de la profundidad de la seccion en que se observa. Por otra parte, las oscilaciones de los ventisqueros son una consecuencia de las variaciones atmosféricas; de modo que avanzan en los años frios y húmedos en los que las fuerzas conservadoras de la nieve sobrepujan á las destructoras, mientras que se retiran ó disminuyen en el caso contrario.

La movilidad del ventisquero es hija de su dilatacion.

Los documentos históricos acreditan que durante los últimos siglos han sido mayores las influencias conservadoras, supuesto que la mayor parte de los ventisqueros han avanzado de un modo notable, imposibilitando el paso de muchas gargantas ó desfiladeros que antes eran practicables.

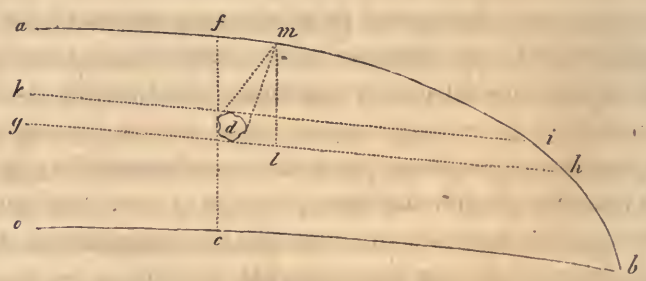
Los ventisqueros avanzan.

Si los ventisqueros solo estuvieran sujetos á la dilatacion, efecto de la congelacion del agua en su interior, se comprende que su progresion y el aumento de la masa sería indefinido; hay, sin embargo, otra fuerza, la ablacion, que contrabalancea los efectos de aquella. La ablacion se reduce á la influencia que el aire seco, la lluvia y muy particularmente el calor solar ejercen sobre la superficie del ventisquero, robándole materia por la evaporacion y el deshielo de la nieve. Tambien es fácil persuadirse que esta fuerza debe hallarse sujeta á mil modificaciones, determinadas por las condiciones climatológicas, topográficas y otras particulares del ventisquero. Prescindiendo, sin embargo, de estas modificaciones, podemos decir que esta accion, de la que dependen principalmente la forma é irregularidades de la superficie del ventisquero, le roba á este, por término medio, una capa anual de 3 metros á 3,5. Pero esto en el fondo no todo es pérdida, si se quiere, pues el agua que penetra en la masa del ventisquero contribuye á su aumento gradual. De manera que en todo ventisquero se verifican simultánea ó sucesivamente dos operaciones: la ablacion y la dilatacion de la materia

Ablacion del ventisquero.

que, combinadas con la conversion de la nevera respectiva y la cantidad de nieve que cae anualmente, contribuyen á la conservacion, marcha progresiva ó de retroceso, y tambien á la reaparicion á la superficie de los materiales que penetraron en su interior. Este último hecho, del que depende en gran parte la pureza y trasparencia de la nieve, es el resultado natural de la combinacion de las dos fuerzas que en sentido vertical y horizontal determinan la dilatacion y ablacion. Para comprender el mecanismo de este hecho curioso, cuyo resultado es la formacion de los canchales, supongamos que un canto se haya hundido en la masa de nieve hasta el punto *d* en la figura adjunta, que representa la seccion longitudinal de un ventisquero: puesto allí por una causa

Figura 16.



cualquiera, si solo obedeciese á la fuerza de dilatacion en sentido vertical, llegaria un momento en que reapareceria á la superficie en el punto *f*, ó en el mismo en que le suponemos, si por la ablacion, la superficie se redujese á la línea *k i*. Pero el canto *d* se halla sujeto tambien á la dilatacion siguiendo la pendiente del ventisquero, y en su virtud tiene tendencia á dirigirse al punto *l*. De donde resulta que, impelido por estas dos fuerzas en direcciones contrarias, necesariamente ha de seguir la diagonal *d m*, como establecen los principios de Mecánica. Al cabo, pues, de un tiempo *x*, que será mayor si el ventisquero va en aumento, reaparece á la superficie en el punto *m*. Por este procedimiento, puesto en claro primero por Mr. Venetz, y despues por Charpentier, los materiales que penetran en la masa del ventisquero vuelven otra vez á la superficie, y con el tiempo llegan á la extremidad inferior y partes laterales, constituyendo los canchales frontales y laterales: los superficiales se explican por encontrarse en ventisqueros encajonados en valles estrechos, y en los que la marcha rápida de la nieve no les permite desaparecer de su superficie. La falta de dilatacion en los campos de nieve y en la parte alta de las neveras nos da razon tambien de la no existencia en estas

dos regiones de canchales, pues los cuerpos que se hunden en su masa ya no vuelven á la superficie.

Los canchales terminales, que generalmente son los mas importantes, se componen de materiales de todos tamaños y formas, procedentes de la superficie del ventisquero por el procedimiento que acabamos de indicar, y de los que arrastran las aguas que circulan por el fondo de aquel. Su forma es variable segun una porcion de circunstancias, si bien en general es semicircular y de aspecto de dique. En los años en que, por razon de las circunstancias climatológicas, el ventisquero se retira, se van formando canchales aislados y paralelos; mientras, por el contrario, en aquellos en que el ventisquero avanza se mezclan y confunden en uno, á veces colosal, todos los que se habian formado en épocas anteriores.

De la base del ventisquero se escapa una cantidad mayor ó menor de agua líquida (1) que alimenta á los grandes rios, procedente en su mayor parte del deshielo de la superficie y del fondo; y como quiera que esta se verifica en mayor escala en el verano, resulta que en esta estacion son mas abundantes las aguas; circunstancia importantísima para las regiones afortunadas que, como la Lombardía y llanura del Piamonte, se ven asurcadas por rios que proceden de los Alpes. Charpentier y otros admiten la existencia de fuentes en el fondo de los ventisqueros, y la accion, aunque débil, del calor central para explicar la salida del agua en el invierno, en que el deshielo es casi nulo. Admitidas ambas causas, si bien la ablacion suministra la mayor cantidad, lo cierto es que el agua en su curso arrastra los materiales sueltos que se encuentran en la base del ventisquero, mezclándose unas veces con los de los canchales terminales, á cuya formacion tambien contribuyen, y depositándose otras en el fondo de los lagos que en la extremidad inferior del ventisquero existen, dando lugar á lo que Charpentier llama *aluviones glaciales*, que se distinguen de aquellos por la estratificacion que los caracteriza, y del *diluvium glacial* por existir hoy la causa que los forma, mientras que este es resultado de ventisqueros anteriores.

A todos los efectos curiosos producidos por la accion de los ventisqueros hay que añadir los que determina la inmensa masa de nieve sobre los materiales y rocas que se encuentran en el fondo sirviéndole de base. La presion enorme que ejerce en su movimiento progre-

(1) Esta agua tiene un color lechoso debido al cieno y tierra que arrastra, la cual reviste á los cantos de los canchales de una capa de incrustacion que sirve para distinguirlos de los acarreados por las aguas líquidas, que generalmente están limpios.

sivo redondea y pulimenta los peñascos, y auxiliada su accion por los cantitos angulosos y la grava que arrastran las aguas corrientes, que hacen el oficio de esmeril, estría y á veces produce anchos y profundos surcos, segun la naturaleza y resistencia de unos y otros. La figura adjunta, que representa un canto estriado, pondrá en claro este hecho curioso de los ventisqueros. Estas estrías no siguen la pendiente de la superficie del canto ó peñasco, sino mas bien la direccion que ha tomado el ventisquero, determinada por la configuracion del terreno, circunstancia que las distingue de las que puedan producir las aguas corrientes.

Figura 17.

El pulimento y estrías que los ventisqueros determinan en las rocas, lo mismo que el redondeamiento de estas, nos sirve con frecuencia de criterio para apreciar hasta qué altura ha llegado en épocas anteriores la accion de tan poderoso agente. Al tratar del terreno cuaternario comprenderemos la importancia de estos datos preciosos, suministrados por una de las causas actuales mas curiosas y enérgicas: baste saber por ahora que, segun opinion del Sr. Desor, confirmada por Agassiz, el límite superior de las superficies pulimentadas no excede en los Alpes de 3,000 metros de altura. Véase la lámina 12 del atlas.

Hielos y nieves polares.

Terminado el estudio, aunque somero, de todas las particularidades que ofrece, así la estática como la dinámica de las nieves perpétuas en las regiones montañosas, veamos qué datos nos suministra el exámen de este mismo agente en las polares. El agua en estas afecta el estado sólido permanente bajo dos formas, que son: 1.ª Los hielos flotantes; y

Flotantes y terrestres.

2.ª Los hielos y nieves perpétuas terrestres. Aquellos se distinguen, segun su procedencia, en hielos, resultado de la congelacion del agua del mar, que son los que determinan principalmente las balsas flotan-

tes de los mares del Norte, y en otros que se desprenden de los ventisqueros del interior que, aunque tambien constituyen balsas, estas no se apartan de las costas, encontrándose en los golfos y bahías.

En cuanto á los hielos y nieves terrestres, se presentan bajo tres aspectos diferentes, á saber: 1.° Cementando ó aglutinando el *diluvium*. 2.° Constituyendo los pantanos ó budiales congelados. Y 3.° Formando neveras y ventisqueros.

Diluvium congelado.

El *diluvium* congelado y aglutinado por el hielo constituye el subsuelo del N. de América y de la Siberia, á partir del grado 62 de latitud; es decir, que en dichas regiones y en una extension superficial enorme, á pocos piés de profundidad, las arenas, gravas, chinas y demas materiales que constituyen lo que llamaremos terreno diluvial ó cuaternario, se hallan reunidos por la nieve, formando una especie de argamasa muy singular y consistente. Una capa mas ó menos notable de mantillo, en la cual se desarrolla una vegetacion orgullosa y variada, cubre por completo el *diluvium* congelado.

Pantanos glaciales.

Los pantanos ó budiales glaciales forman unos depósitos de hielo puro ó mezclado con arena y arcilla que se encuentran en la superficie al O. de la costa N. de América, particularmente en la bahía de Eschscholz y en la desembocadura de los rios Jenisey, Lena y Alazeia en Siberia. Estos hielos contienen una cantidad prodigiosa de huesos y dientes fósiles de Elefante y Rinoceronte, habiéndose llegado á encontrar hasta animales enteros cubiertos de sus carnes y piel. El hielo de los pantanos del N. es el resultado de la congelacion del agua que allí existia; razon por la cual no vemos en ellos rasgo alguno de los que distinguen á los ventisqueros.

Neveras y ventisqueros

Por último, las que propiamente se llaman nieves perpétuas de las regiones boreales, á juzgar por lo que dice Mr. Martins en la relacion que publicó de su viaje al Spitzberg (1), ofrecen los mismos, por no decir idénticos accidentes y caractéres que los de Suiza; de consiguiente, no hay por qué entrar en repeticiones inútiles.

Accion de la electricidad y del magnetismo.

Aquí puede decirse que termina el estudio importantísimo de los efectos producidos por las causas actuales internas y externas; pues aun cuando el magnetismo y la electricidad son agentes poderosos, hasta el presente se conoce demasiado poco su accion sobre la costra sólida del globo para que en una obra de esta índole merezca llamar la atencion. Solo el rayo en las deshechas tormentas suele producir efectos notables y desastrosos. Esta accion es mecánica cuando al precipitarse con la ve-

(1) Véase la entrega de Agosto de 1850, de la Biblioteca universal de Ginebra.

locidad extraordinaria, que le es propia, sobre las altas cimas de las montañas, que de preferencia ataca, hiende, destroza y lanza á veces á grandes distancias los peñascos mas extraordinarios por su dureza y tamaño (1). En otras ocasiones, obrando en virtud de su elevada temperatura, suele vitrificar y hasta destruir las sustancias que encuentra á su paso. Por último, cuando el rayo da sobre una materia blanda ó deleznable y suelta como la arena, se abre paso y vitrifica las paredes del conducto que recorre, resultando esos tubos llamados *fulguritos* que forman el adorno de muchos Museos de Mineralogía y Geología. El diámetro de estos tubos varía desde el cañon de una pluma hasta el de 5 y 6 centímetros.

Los puntos mas notables para encontrar estos efectos de la electricidad atmosférica en Europa son los alrededores de Halle, de Münster y de Kœnisberg en Alemania.

Artículo 3.º

Causas fisiológicas.

Escasa es la influencia de la accion de estas causas representadas por el hombre, los animales y las plantas: la de aquel puede decirse que es pasiva ó de simple resistencia al levantar diques para poner á cubierto sus tierras de la accion de las aguas; al establecer plantaciones para impedir la marcha invasora de las arenas en los médanos; al sanear una comarca desecando lagos ó aguas encharcadas &c. Las excavaciones subterráneas ó á cielo abierto; las perforaciones de las montañas ó túneles y demas operaciones que practica con diferentes objetos son tan insignificantes, comparadas con la superficie del globo, que apenas merecen mencionarse.

La accion de los animales da por resultado el Guano, ó sea grandes depósitos de excrementos, de que trataremos en la *Geología agrícola*, y tambien los arrecifes de coral. Estos son ciertas formaciones de naturaleza caliza que se hallan en casi todos los períodos geológicos y en la época actual formando islas ó bajíos muy peligrosos para la navegacion; son abundantes en el mar Rojo, en el de la India y en el Pacífico. Estos depósitos son el resultado de la accion de unos animales microscópicos

(1) El Sr. Lyell en su obra titulada *Principes de Gèologie*, cita el caso ocurrido á mediados del siglo último en la isla Fetlar, una de las Shetland (Escocia), de una masa de *Pizarra micácea* de 32 metros de largo, 3,04 de ancho y 1,21 de grueso arrancada de su sitio y dividida en una porcion de fragmentos por la accion de un rayo.

llamados *zoófitos saxógenos*, que tienen la singular propiedad de construir su propia habitacion, que ha recibido el nombre colectivo de *Polipero*. Las figuras adjuntas dan una idea de los mas principales.

Figura 18.

Porites clavaria.

Figura 19.

Meandrina labyrinthica.

Figura 20.

Caryophyllea fastigiata.

Figura 21.

Madrépora muricata.

Figura 22.

Oculina hirtella.

Estos zoófitos empiezan por prender en la cima de las montañas que se hallan en el fondo del mar, y tambien en el borde del cráter de

algun volcan submarino; allí crecen y se desarrollan aumentando en espesor las capas de materia caliza hasta llegar á la superficie, de la que no pasan por necesitar el agua del mar para vivir. Este trabajo lo realizan con una rapidez admirable, cambiando de un año para otro el aspecto del Océano con gran peligro para la navegacion. Las oscilaciones del fondo las hacen á veces desaparecer, y otras, por el contrario, elevarse sobre el nivel de las aguas, sirviendo muy pronto de guarida á las aves, que con sus excrementos preparan el terreno en donde se desarrollan las plantas, cuyas semillas llevan ellas mismas, convirtiéndose por este procedimiento tan sencillo en verdaderas islas, de las que el hombre toma posesion así que le ofrecen condiciones ventajosas. A estas islas se les da el nombre, aunque impropio, de *arrecifes de coral*, como demuestra la figura adjunta.

Figura 23

Arrecife de coral.

Turba. El resultado mas notable de la accion de las plantas actuales, además de la influencia que ejercen en las condiciones climatológicas de un país, es, á no dudarlo, la formacion de la *Turba*; esta es el depósito ó acumulacion por capas sucesivas de plantas de organizacion no muy compleja, que se crian en puntos generalmente bajos y pantanosos ó en las mesetas de las montañas, al nivel de las nieves perpétuas. La destruccion y fosilizacion de estos séres da lugar á este combustible, que conoceremos en la descripcion de las rocas; y como quiera que allí, al tratar de su yacimiento, se darán todos los detalles convenientes acerca del modo de su formacion, excusamos entrar en mas pormenores.

PARTE SEGUNDA.

GEOGNOSIA.

CAPÍTULO I.

Clasificacion genealógica de las rocas.

INTRODUCCION.

Vamos á entrar, por fin, en el verdadero terreno de la ciencia.

Definicion.—La palabra *Geognosia* que encabeza esta parte de la obra, da á entender que nos vamos á ocupar en la organizacion especial de la tierra; pues no otra cosa significa aquella derivada de las raices griegas *ge*, tierra, y *gnosco*, conocer. Tambien hasta cierto punto podria darse á esta parte de la Geología el nombre de *Mineralogía*, supuesto que en rigor su objeto es el conocimiento de la constitucion física del globo, en la cual entran precisamente todas las sustancias de que trata aquella. Sin embargo, como la Mineralogía es por decirlo así el estudio analítico de las propiedades naturales de los cuerpos inorgánicos, mientras el objeto de la Geognosia es considerar á dichas sustancias como elementos integrales del globo, fijándose mas particularmente en el papel que cada uno desempeña en su constitucion física, es preferible esta denominacion á la de Mineralogía, pues así quedan mejor deslindados los límites de cada uno de estos dos ramos de las ciencias naturales.

Minerales y fósiles.—En la composicion del globo que habitamos se encuentran dos clases de cuerpos; los unos de orígen inorgánico y son los *minerales*; los otros de procedencia orgánica, pero que han adquirido todas las propiedades de aquellos, y son los *fósiles* ó restos de vegetales y animales, que enterrados en el espesor de las capas de la tierra y trasformada su materia, son los mejores y mas fieles testimonios de las catástrofes de la historia física de la tierra. De estos hablaremos al tratar de la ciencia paleontológica; de aquellos, considerados como séres naturales, se ocupa la Mineralogía; nosotros vamos á examinarlos como verdaderos elementos de la composicion de nuestro globo.

Sesenta y cuatro cuerpos simples reconóce hoy la Química, es decir, que tal es el número de los cuerpos que no se han podido descomponer hasta el dia. En la siguiente reseña van indicados los nombres de cada uno, y á su derecha los signos de que se valen los químicos para facilitar el lenguaje.

CUERPOS SIMPLES.

METALOIDES.

1	Oxígeno	O.
2	Hidrógeno	H.
3	Azoe, Nitrógeno	N.
4	Azufre	S. Sulphur.
5	Selenio	Se.
6	Teluro	Te.
7	Cloro	Cl.
8	Bromo	Br.
9	Yodo	Yo.
10	Fluor	Fl.
11	Fósforo	Ph. Phosph.
12	Arsénico	As.
13	Carbono	C.
14	Boro	Bo.
15	Silicio	Si.

METALES.

16	Potasio	K. Kalium.
17	Sodio	Na. Natrum.
18	Litio	Li.
19	Bario	Ba.
20	Estroncio	Sr. Strontium.
21	Calcio	Ca.
22	Magnesio	Mg.
23	Glucinio	Gl.
24	Aluminio	Al.
25	Zirconio	Zr.

26	Torio	To.
27	Itrio	It.
28	Cerio	Ce.
29	Lántalo	La.
30	Didimio	Di.
31	Erbio	Er.
32	Terbio	Tr.
33	Manganeso	Mn.
34	Cromo	Cr.
35	Tungsteno	Tg. ó W. Wolfr.
36	Molibdeno	Mo.
37	Vanadio	Vd.
38	Hierro	Fe. Ferrum.
39	Cobalto	Co.
40	Nikel	Ni.
41	Zinc	Zn.
42	Cadmio	Cd.
43	Cobre	Cu. Cuprum.
44	Plomo	Pb.
45	Bismuto	Bi.
46	Mercurio	Hg. Hidrarg.
47	Estaño	Sn. Stannum.
48	Titano	Ti.
49	Tántalo	Ta.
50	Niobio	Nb.
51	Ilmenio	Il.
52	Pelopio	Pp.
53	Antimonio	Sb. Stibium.
54	Urano	U.
55	Plata	Ag. Argentun.
56	Oro	Au. Aurum.
57	Platino	Pt.
58	Paladio	Pd.
59	Rodio	Rh. Rhodium.
60	Iridio	Ir.
61	Rutenio	Ru.
62	Osmio	Os.
63	Aridio	Ar.
64	Donario	Do.

Tan considerable número de cuerpos simples podria hacer creer que el de sus combinaciones es casi infinito, así como el de los minerales que de ellas resultan. A pesar de esto, son tan reducidos los límites concedidos por la naturaleza para dichas combinaciones, que apenas si la Mineralogía cuenta hoy 500 especies, todavía es mas excaso el número de los que tienen una importancia real en la composicion de la tierra, pues en rigor deben reducirse á los 16 siguientes:

CUERPOS SIMPLES NO METÁLICOS.

1.° Oxígeno. 2.° Hidrógeno. 3.° Ázoe. 4.° Carbono. 5.° Azufre. 6.° Cloro. 7.° Fluor. Y 8.° Fósforo.

BASES METÁLICAS DE LOS ÁLCALIS Y TIERRAS.

1.° Silicio. 2.° Aluminio. 3.° Potasio. 4.° Sódio. 5.° Magnesio. Y 6.° Calcio.

METALES PROPIAMENTE DICHOS.

1.° Hierro. 2.° Manganeso.—Total 16.

De modo que ni siquiera llega á la tercera parte de los cuerpos simples conocidos, los que merecen bajo este punto de vista nuestra atencion.

Veamos ahora de qué manera se conduce cada uno de estos cuerpos en la formacion del globo; y cuál es su verdadera importancia en el gran destino que plugo á la Providencia confiarles.

Oxígeno.—El Oxígeno, el elemento electro-negativo y vital por excelencia, es igualmente el mas abundante en la constitucion del globo. Por de pronto, entra en la proporcion de 21 por 100 en el Aire atmosférico; el Agua es un compuesto de un volúmen de Oxígeno y dos de Hidrógeno. La inmensa masa de las rocas son sustancias oxidadas en las que el Oxígeno entra como elemento principal, como se ve en el ácido silícico ó Sílice, uno de los minerales mas abundantes del globo, en el que existe en la proporcion de 51 por 100. De lo dicho se infiere, que en el principio de la creacion, y antes de haberse apropiado este elemento los séres vivos y las sustancias minerales, la Atmósfera debió ofrecer condiciones de vitalidad muy diferentes de las que tiene hoy.

Hidrógeno.—Sigue en importancia el Hidrógeno, el cual entra en la composicion del Agua en razon de dos volúmenes por uno de Oxígeno; aparece en grandes cantidades por los cráteres volcánicos y los Azufrales ó solfataras. Forma gran parte de los combustibles metálicos; se desprende de los almarjales bajo la forma de Hidrógeno protocarbonado ó gas de los pantanos. En la Ulla, llamada por los ingleses *channel coal*, entra en razon de 21,56 por 100.

Ázoe.—La importancia verdadera del Ázoe consiste en formar los 79 por 100 del Aire atmosférico, y el ser uno de los elementos esenciales á la organizacion, en particular á la animal. Pero la existencia del Ázoe en los séres vivos puede considerarse como secundaria, supuesto que procede de la Atmósfera. El Dr. Thomson, ha encontrado un 15,96 por 100 de este elemento en ciertas Ullas inglesas.

Carbono.—El Carbono, además de ser uno de los principios mas esenciales del reino vegetal, y tambien en parte del animal, desempeña un papel muy importante en la composicion de las piedras calizas; en el interior del globo debe encontrarse en cantidades enormes, si se tiene en cuenta el que bajo la forma de ácido carbónico sale del interior de los cráteres volcánicos y de los Azufrales. Pero la verdadera importancia de este elemento consiste en formar los 71 por 100 de las Ullas y demas combustibles. En el ácido carbónico entra este cuerpo en volúmenes iguales con el Oxígeno. Con el trascurso del tiempo, los vegetales por un lado, y el Oxígeno por otro, se apropiaron este cuerpo, que en los primeros períodos de la historia del globo debia hallarse en proporciones extraordinarias en la Atmósfera, probablemente bajo la forma de ácido carbónico. Esta circunstancia impidió la aparicion de los animales en el globo, hasta que las plantas, verdaderos aparatos reductores, empezaron á funcionar y á purificar la Atmósfera de este elemento tan enemigo de la vida animal.

Azufre.—Aunque á decir verdad, los cuerpos que acabamos de indicar son los que tienen una importancia real y verdadera en la composicion de nuestro globo, sin embargo, el Azufre no deja de ser tambien importante, si se tienen en cuenta las cantidades enormes de esta sustancia que se desprenden de los volcanes activos y de los Azufrales. En masa se presenta en las minas llamadas *zolfaras* por los italianos para distinguirlas de las *solfataras;* en estado de sulfuro abunda en los terrenos en forma de Piritas, Galenas, Blendas &c. En los sulfatos, tan comunes en el globo, el Azufre es el que, combinado con el Oxígeno, se apodera de las bases para darles orígen.

Cloro.—Casi toda la importancia del Cloro consiste en la proporcion en que entra en las aguas de los mares bajo la forma de clorhidratos de Sosa, Cal, Magnesia &c. Las grandes masas de sal comun que se explotan, y tantas otras como probablemente existen ocultas, están compuestas principalmente de este elemento.

La accion de los demas cuerpos de la primera série es tan insignificante, sobre todo comparándola con la de estos, que no merece siquiera que nos ocupemos en indicarla.

Silicio.—Entre los de la segunda série, el Silicio es el mas importante, pudiendo asegurar que está mas esparcido en el globo que muchos de los que preceden. Este elemento combinado con el Oxígeno, forma la Sílice, agente principal en la composicion de la inmensa mayoría de las rocas ígneas, y de algunas de las modernas como se ve en el siguiente cuadro, notándose que su importancia disminuye á medida que nos acercamos á la época actual. No obstante, la Sílice se encuentra en los volcanes actuales, y en especial en los Geiseres, lo cual prueba el gran depósito que de esta sustancia se encuentra en el interior del globo. Además el Pedernal, las Cuarcitas, las Calcedonias, los cristales de roca, los Jaspes y otra infinidad de rocas muy comunes, están compuestas de Silicio combinado con el Oxígeno, formando el ácido silícico que otros consideran como óxido puro ó hidratado.

Gneis (por 100 partes) sílice.....	70,06 á 71,86.
Pizarra micácea.....	61,94 á 73,07.
Roca de anfibol.....	54,86.
Pizarra clorítica.....	63,71.
——— talcosa.....	78,15.
Feldespato compacto.....	51,00 á 60,00.
Granito.....	63,96 á 74,84.
Roca de turmalina.....	68,01.
Grünstein.....	54,86.
Hiperstenita.....	59,14 á 61,85.
Basalto.....	41,50 á 59,40.
Serpentina.....	42,00 á 43,07.
Eufótida.....	58,42 á 60,55.

Aluminio.—Despues del Silicio, el Aluminio es el principio mas importante entre las bases metálicas; y para convencerse de su importancia basta ver las proporciones en que se encuentra en la composicion de las

rocas del adjunto cuadro, que son las mas comunes. Por otro lado, para persuadirse del gran papel que desempeña este agente en la composicion de la tierra, bastará hacer presente que las Arcillas todas, tan abundantes en la naturaleza, no son sino un silicato hidratado de Alumina.

Gneis (por 100 partes) aluminio.....	15,20.
Pizarra micácea.....	13,08 á 15,45.
Roca de Anfibol.....	15,56.
Pizarra clorítica.....	8,85.
——— talcosa.....	13,20.
Feldespato compacto.....	15,00 á 30,00.
Granito.....	10,37 á 14,32.
Roca de turmalina.....	17,91.
Grünstein.....	15,52.
Hiperstenita.....	10,59.
Basalto.....	11,50 á 16,75.
Eufótida.....	13,14 á 13,86.

Potasio.—Sin necesidad de entrar en mas pormenores, bastará decir que el Potasio se calcula forma el 5 ó 6 por 100 de la masa total de las rocas para reconocer su importancia.

Sodio.—Aunque no tanto como el anterior, el Sodio desempeña un gran papel en la constitucion de la tierra, sirviendo de base á las rocas mas comunes entre las antiguas, en las masas de sal y en las aguas del mar.

En cuanto al Magnesio, el Calcio y demas bases, si se exceptúa esta última, que tiene alguna importancia en las rocas calizas y en los Yesos, las demas no merecen siquiera que se mencionen.

Hierro.—En cuanto á los metales propiamente dichos, el Hierro y el Manganeso son los únicos que tienen alguna importancia; ora como cuerpos independientes, ora como materias tinturantes de las rocas; pudiendo decir que el primero forma el 5,5 por 100 de los terrenos estratificados, y en general el 2 por 100 de la masa total del globo; mientras que el segundo apenas forma un tres ó un diez milésimo de la masa de las rocas constitutivas de la tierra.

Concluido el exámen rápido de la importancia relativa de los principales elementos que entran en la composicion de la tierra; y dejando

para la Geogenesia el estudiar el modo de conducirse en las primeras épocas de la creacion, veamos ahora las combinaciones á que estos elementos dan lugar en sus reacciones mútuas, lo cual nos conduce como por la mano al estudio de las rocas.

Artículo 1.°

Rocas.—Generalidades.

Definicion.—«Por roca se entiende toda sustancia mineral, simple ó »compuesta, que se presenta en estado sólido ó incoherente en grandes »masas, formando el armazon ó esqueleto del planeta que habitamos.»

El número de rocas, y en particular el de aquellas que tienen una verdadera importancia en la constitucion de nuestro globo, es muy reducido; pudiendo decir que guardan la misma proporcion respecto de los minerales que las componen, que las que estos observan relativamente al número de cuerpos simples que hoy dia estudia la Química.

En confirmacion de lo que se acaba de enunciar, el Sr. Cordier ha calculado, que en las 20 leguas que supone tener de espesor la costra exterior sólida del globo, espesor cuyos $\frac{19}{20}$ corresponden á los terrenos que llamaremos cristalinos, y el $\frac{1}{20}$ restantes á los estratificados ó de sedimento, ha calculado, digo, que las ocho ó diez especies minerales que entran en su composicion se hallan en las proporciones siguientes, sobre cien partes.

Feldespato	48
Cuarzo	35
Mica	8
Talco	5
Carbonato de Cal y Dolomia	1
Peridoto, Dialaga, Anfibol y Piroxeno	1
Arcilla	1
Los demas minerales	1
	100

Del cuadro anterior se deduce el escaso número de sustancias minerales que hay que estudiar consideradas como elementos constitutivos de las rocas; y de consiguiente, como es exagerado el pretender que este ramo, uno de los mas importantes de la Geología, sea de una dificultad insuperable. Basta, pues, conocer á fondo las sustancias indicadas para llegar á familiarizarse con el estudio de la composicion del globo.

Feldespato.

La palabra Feldespato representa hoy dia en Mineralogía una numerosa familia de minerales de apariencia pétrea ó vítrea, de estructura generalmente laminar ú hojosa, y de colores varios, que forman la base de la mayor parte de las rocas ígneas. El nombre de familia aplicado á este grupo de minerales es defectuoso, pues supone una analogía entre ellos que en realidad no existe; pudiendo asegurar que mas bien se funda en la semejanza de caractéres exteriores, y en la dificultad de distinguirlos, que en principios filosóficos; pues tanto la composicion química, cuanto la forma regular que afectan, bases fundamentales de la agrupacion de las especies en la ciencia mineralógica, son esencialmente diferentes.

Los Feldespatos se dividen en dos grupos, compuesto el primero de especies cristalizadas ó por lo menos cristalinas, entre las cuales deben mencionarse como á mas importantes en la composicion del globo, el Ortosa ú Ortoso como quieren algunos, el Albita, el Oligoclasa, el Labrador ó Labradorita y el Anortita: en el segundo se suelen colocar una porcion de sustancias amorfas, especie de magma consolidada sin composicion fija, debiendo citar principalmente el Petrosilex ó Feldespato compacto, el Jade ó Saussurita, el Feldespato sonoro ó Fonolita, la Retinita, la Obsidiana y la piedra Pomez.

Raras veces las especies minerales de orígen ígneo, que son las mas numerosas, han aparecido á la superficie del todo formadas, sino que se han presentado en masas pastosas ó fundidas, en las que se encuentran como confundidos todos los elementos de su composicion. Cuando el enfriamiento de esta magma se verifica de tal modo que permite obrar libremente á las afinidades químicas, los átomos elementales se agrupan en las proporciones convenientes para formar especies bien definidas, tanto por la composicion, cuanto por la forma regular que las distingue.

En el caso contrario resulta una mezcla indefinida y confusa de los elementos, presentándose sin forma determinada ni composicion fija, como vemos, por ejemplo, en los Pórfidos y Lavas, además de las sustancias indicadas mas arriba. Cuando el químico coloca en un crisol los elementos de la composicion de varios minerales, y despues de fundirlos deja enfriar lentamente la masa, resultan especies artificiales bien definidas como el Piroxeno, el Peridoto, el Feldespato y otros; quedando además una pasta confusa sin composicion determinada que se presenta unas veces de aspecto vítreo, otras litoideo compacto, y tambien en forma de escorias. Probablemente la naturaleza ha procedido de una manera análoga en la formacion de los minerales de orígen ígneo; y segun las circunstancias que han sobrevenido despues de la fusion, así han resultado tan pronto especies bien determinadas como los Feldespatos que vamos á examinar, como otras que por analogía agruparemos alrededor de cada una de las indicadas especies.

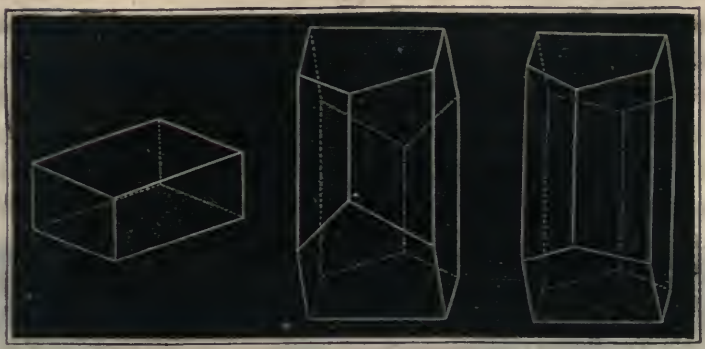
Los Feldespatos bien definidos por su composicion y forma geométrica de que vamos á tratar, siendo todos silicatos alcalinos se pueden dividir en varios géneros, ó si se quiere en especies segun el elemento que predomina en las bases, llamándolos en su virtud Feldespatos potásicos, sódicos, cálcicos &c.

A. Feldespatos potásicos.

Sinonimia.—Ortosa ú *Ortoso*, *Adularia*, *piedra* de *luna* y de las Amazonas, *Eispath*, *Ortoclasa*, *espato fusible &c.*

Esta especie mineral es un silicato doble de Alumina y Potasa, como bases principales, con alguna cantidad á veces de Sosa, Cal, peróxido de Hierro, Magnesia y otros elementos segun demuestran las diferentes análisis hechas por Berthier, Abich, G. Rose y otros. Así constituido este Feldespato se presenta bajo el aspecto de una sustancia de colores varios, siendo los mas comunes el blanco lechoso y gris, sonrosado y á veces verde; la fractura es laminar y hojosa, verificándose el crucero en dos direcciones perpendiculares; la dureza está representada por el núm. 6; raya la Fosforita, el Espato fluor y el vidrio, y se deja rayar por el cristal de roca; mas bien traslucido que trasparente ú opaco: su densidad está representada por 2,3 ó 2,5. Cuando cristaliza se presenta en formas derivadas del prisma romboidal oblícuo como se puede ver en las figuras siguientes.

Figura 24. Figura 25. Figura 26.



Al soplete funde con dificultad en los bordes en un vidrio algo esponjoso, tomando un color blanquecino; tratado con el Borax se disuelve con mucha dificultad y sin efervescencia en un vidrio trasparente. El ácido carbónico de la atmósfera ó el que llevan las aguas, lo ataca y descompone haciéndole tomar el aspecto terroso convirtiéndolo en Kaolin ó tierra de porcelana.

Yacimiento.—Este Feldespato es sin duda alguna el mas importante de la familia como lo atestigua el ser uno de los elementos esenciales del Granito, de la Protogina y Sienita, del Pórfido llamado Ortófido y de las Traquitas. La especie vítrea, llamada por Rose Riacolita, que se encuentra con frecuencia en las rocas traquíticas del Epómeo y Mont d'or, pertenece de derecho tambien al Ortosa segun resulta de las análisis de Abich y Berthier. El Petrosilex, que forma la base de muchos Pórfidos, así como el Feldespato de las Fonolitas, Obsidiana, Perlitas, piedra Pomez y otras, deben en rigor considerarse como simples variedades del Ortosa.

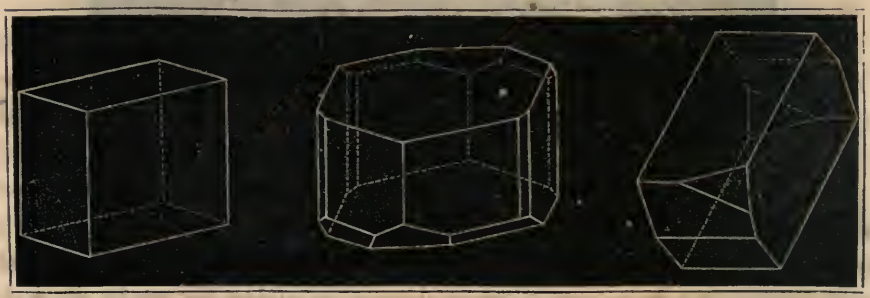
B. **Feldespatos sódicos.**

Sinonimia.—Albita, *Cleavelandita*, *Periclina*, *Tetartina*, *Sanidina* &c.

El Feldespato Albita es tambien un silicato doble de Alumina en el que la Potasa ha sido reemplazada por la Sosa, sin que por esto deje de ofrecer tambien algo de aquel álcali, así como de Cal y óxido de Hierro. Su color mas comun es el blanco de leche, á veces algo gris, rojizo ó verde; traslucido y raras veces trasparente; su

brillo es vítreo; la estructura escamosa, granosa ó compacta. Las demas propiedades físicas y químicas son muy análogas á las de la Ortosa, de la que se distingue principalmente por las formas que afecta que pertenecen al prismático oblícuo no simétrico como se ve en las figuras siguientes: con mucha frecuencia los cristales están estriados, carácter de mucho valor para reconocerla.

Figura 27. Figura 28. Figura 29.



Yacimiento.—Este Feldespato forma la base de los Pórfidos albíticos y tambien de las Dioritas y Pórfidos dioríticos; en algunos Granitos modernos se halla asociado al Ortosa, raras veces como elemento esencial; es tambien abundante en la Protogina de los Alpes, diseminados sus cristales ó bien constituyendo venas ó pequeños filones en la roca.

La Albita ofrece lo mismo que la Ortosa, una porcion de variedades no cristalizadas; unas laminares y granosas, otras de aspecto térreo, análogas al Kaolin, producto que dan igualmente por su descomposicion. Tambien las hay compactas, formando parte de muchos Petrosilex, segun Dufrenoy.

Oligoclasa.—La Oligoclasa es un Feldespato de base de Sosa, como la Albita, asociada muy á menudo del Ortosa en los Granitos de grano basto en forma de masas laminares que se distinguen por el color gris claro, lechoso ó verde amarillento, y muy especialmente por las estrías finas muy marcadas que ofrece, como la Albita á lo largo de las caras del prisma. Tambien se halla á veces en los Gneis y Pizarras micáceas; Deville la ha encontrado en las rocas volcánicas de Tenerife (islas Canarias), y Abich bajo el nombre de Andesina aunque con la misma composicion la encontró tambien en los Pórfidos anfibolíferos de Mannato (N. Granada.)

C. Feldespatos litínicos.

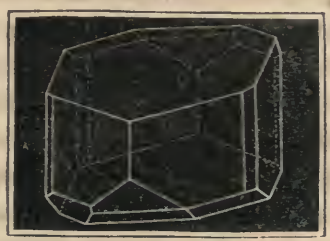
Petalita.—La *Petalita* es un Feldespato de base de Alumina y Litina que se presenta en masas laminares de color blanco lechoso ó sonrosado; en láminas delgadas es traslucido; su brillo es vítreo; raya el vidrio, aunque con alguna dificultad. Al soplete toma el aspecto vítreo blanquecino semitrasparente, y funde con dificultad, comunicando á la llama ese color purpurino característico de todas las sustancias que contienen cierta proporcion de Litina: es inatacable por los ácidos.

Yacimiento.—La Petalita se encontró por primera vez formando una vena en la Pegmatita de Utoe en Suecia, y despues en Sterling (Estados Unidos.)

D. Feldespatos cálcicos.

Labradorita.—La *Labradorita* ó Feldespato opalino por otro nombre, es un silicato de Alumina y Cal con algo de Sosa, Potasa, óxido de Hierro y Magnesia, que se presenta generalmente en masas laminares de color gris ahumado ó ceniciento; á veces ofrece reflejos metálicos rojos, verdes ó azules muy agradables que le dan mucho valor, como objeto de adorno. La forma regular que afecta, depende del prisma oblícuo, no simétrico, como se ve en la figura adjunta; sus cristales son pequeños y no comunes, guardando mucha semejanza con los de la Albita.

Figura 30.



Este Feldespato funde con dificultad tratado con el soplete; pero es soluble en el ácido clorhídrico, carácter que lo distingue de la Albita con la que podria confundirse.

Esta especie es característica de las rocas básicas pobres en Sílice: hállase asociada á la *Hiperstena*, como sucede en la costa de Labrador (Estados Unidos), de donde deriva su nombre, y en Suecia: unida al Piroxeno puede decirse que es esencial en las rocas volcánicas

modernas desde el Basalto inclusive; en la Lava del Etna es muy comun, segun dice Dufrenoy, y tambien en las *Eufótidas* y *Anfibolitas*. Se ve que es mineral de reciente formacion.

Saussurita.—En la roca llamada Eufótida se encuentra como elemento esencial á su composicion un mineral blanco compacto de fractura astillosa, de brillo craso, que raya el vidrio y goza de gran tenacidad. Esta sustancia designada con el nombre de *Saussurita* y tambien con el de Feldespato tenaz, tiene mucha analogía con el Labrador, tanto por su composicion, cuanto por ser atacable por los ácidos, por cuya razon generalmente se le coloca en el mismo grupo. Lo mismo puede decirse respecto á otro designado por Delesse Vosgita, por haberlo encontrado en los Labradófidos de Ternuay y de Haut Rovillers.

Cuarzo.

El *Cuarzo*, que es el mineral que sigue en importancia al Feldespato en la composicion del globo, es la Sílice ó el resultado de la combinacion del metal *Silicio* con el Oxígeno. Unas veces se halla pura con agua ó sin ella, otras mezclada con una porcion de sustancias y combinada con diferentes bases, constituyendo una multitud de minerales muy importantes.

Las principales sub-especies del Cuarzo son el *hialino* ó *cristal de roca* y el *litoideo* con todas sus modificaciones, compuestos de ácido silícico puro; el *Ópalo* comun y noble que son el hidrato de Sílice; y por último, los *Jaspes*, ó sea la *Sílice* acompañada de sustancias térreas y arcillosas teñidas por algun principio metálico, y en especial por el Hierro.

a. Cuarzo hialino.

Cristal de roca.—El *cristal de roca*, tipo de la especie, es una sustancia dura que raya el vidrio y el Feldespato y se deja rayar por el Topacio; brillante, de estructura compacta, vítrea y concóidea; su lustre es vítreo, y tambien craso y terroso. Frotándolo desarrolla la electricidad positiva que conserva poco tiempo. La impresion de frio que determina su contacto es una de las mejores señales para reconocerlo. Las diferencias de color que suele ofrecer, dan márgen á una porcion de variedades, algunas de las cuales se emplean en la Joyería. Cuando es enteramente blanco y trasparente, ó cuando afecta un color oscuro tirando á negro, se le llama cristal de roca por excelencia, y *cristal ahumado*: cuando es de

color de violeta, debido al óxido de *Manganeso*, recibe el nombre de *Amatista*, y se emplea en objetos de lujo; cuando rojo de sangre mas ó menos oscuro, lo llaman *Jacintos de Compostela*, y tambien *piedras de Ana*, por abundar en dicho punto; muy estimadas para ciertos objetos de adorno; cuando amarillo imita al Topacio, y hasta se han elaborado dijes que pasarian por verdaderos, á no distinguirse por el menor peso específico que ofrecen, siendo 2,6 el del *Cuarzo utopaciado* y 3,5 el del Topacio. Cuando el Cuarzo se asocia á la Mica en hojas pequeñas, constituye la *Venturina*, variedad poco comun, y que no puede competir con la que se fabrica artificialmente.

Todas estas variedades del Cuarzo, excepto la última, se presentan en la inmensa mayoría de los casos cristalizadas en formas dependientes del sistema romboédrico; siendo las mas comunes, como se ve en estas figuras, el prisma de seis lados terminados por pirámides de seis ca-

Figura 31. Figura 32. Figura 33.

ras, y el dodecáedro bipiramidal. Las caras del prisma ofrecen estrías trasversales muy características.

Yacimiento.—La importancia de esta sub-especie consiste en la abundancia con que se encuentra en las rocas cristalinas y volcánicas, en los Granitos, Sienitas, Pecmatitas, en los Pórfidos, &c.; unas veces formando parte integrante y esencial de su composicion; otras en filones, diques, vetas ó en cristales sueltos, &c. Tambien es muy comun en las gangas de los filones metalíferos, y en especial en los criaderos del *Oro* y del *Estaño*. Se la encuentra penetrando varias Calizas y otras piedras á las que comunica gran dureza y resistencia, llegando á veces á cristalizar en las grietas y oquedades que reciben el nombre de *geodas*. La descomposicion y trituracion de las rocas que lo contienen, da lugar á esos inmensos depósitos de guijarros y arenas que existen en todos los terrenos, y aun en la superficie actual del globo en las landas y de-

siertos. Unas veces estos guijarros y arenas permanecen sueltos ó incoherentes, otras se aglutinan ó cementan, dando lugar á las *Pudingas* y *Areniscas* ó *Asperones*.

Localidades españolas.—En España son muy comunes todas las variedades del Cuarzo hialino; en el terreno del *diluvium* en los alrededores de Madrid, se encuentra en forma de cantos muy claros y trasparentes, famosos en otra época y conocidos con el nombre de *Diamantes de San Isidro*; en Hinojosa de Duero se halla el topaciado hoy en explotacion; el *Jacinto* de Compostela en Villatoya, (Mancha); en Ana, Valencia; en Molina de Aragon, y en varios otros puntos menos en Santiago de Galicia, de donde, sin saber por qué, lleva el nombre.

Aplicaciones.—Las aplicaciones de todas estas variedades, son muy comunes y conocidas como objetos de lujo; si bien hoy han perdido gran parte de su importancia por la fabricacion del cristal que es mas diáfano, se talla con mayor facilidad, y de consiguiente, es mas barato. Las variedades opacas sirven para la loza, vidriado y porcelana.

a. Cuarzo litoideo.

La segunda sub-especie del Cuarzo es el *litoideo* ó de aspecto pétreo, que se diferencia de la anterior por su estructura compacta ó térrea, á veces celular y porosa, y tambien orgánica cuando forma parte de los animales ó plantas fósiles. La fractura es astillosa y concóidea; su aspecto craso y como resinoso. Los diferentes colores y grados de trasparencia determinan una porcion de variedades; llámase *Pedernal*, cuando es opaco de color oscuro, gris, azulado ó á veces negro, de textura compacta y astillosa, y fractura concóidea perfecta, cortándose en astillas delgadas algo traslucidas por los bordes: *Calcedonia* cuando es trasluciente y de colores claros: *Ágata* cuando es casi trasparente, blanca, gris, y tambien compuesta de fajas de distintos colores: si la tinta que domina en las Ágatas es amarilla ó anaranjada, recibe el nombre de *Sardonix; Cornerina* ó *Cornalina*, cuando rojo; si azul *Zafirina; Crisoprasa* ó *Plasma* cuando verde; y por último, si los colores están distribuidos en fajas concéntricas, recibe el nombre de *Onix*.

Yacimiento.—El Pedernal, que geológicamente hablando es la variedad mas importante, se halla en forma de nódulos ó riñones en

los terrenos jurásico y cretáceo; la variedad que por su estructura porosa y celular, y por los usos á que se la destina se llama *Silex* ó *piedra molar* ó de *molino*, es propia de los terrenos tercíarios medios &c.

Aplicaciones.—El Pedernal se destina con gran ventaja al empedrado y á la construccion; se emplea en la alfarería, y en otro tiempo para la elaboracion de piedras de chispa; el *Silex molar* para la construcion y piedras de molino; por fin, las Calcedonias, Ágatas &c., son objetos de adorno.

c. Opalo.

El *Opalo* es un hidrato de Sílice, ó sea en términos vulgares, un Pedernal ó Ágata combinado con cierta porcion de agua que le comunica ese lustre resinoso y craso tan característico; su estructura es compacta, terrosa y orgánica, cuando forma parte esencial de los fósiles; llamándose muy particularmente *Gilópalo* ú *Opalo leñoso* cuando es la sustancia que ha petrificado las maderas.

El color del Ópalo en general es blanco, lechoso, acompañado de cierto lustre craso, despidiendo á veces ciertos reflejos rojos metálicos, y una especie de irizacion en la variedad llamada de *fuego* y *noble*. A veces es completamente lapídeo, opaco y de color mas ó menos azulado y recibe el nombre de *Menilita*, ó *piedra de Menil* en los alrededores de París; cuando su aspecto es francamente resinoso, se llama *Resinita* ó *semi-Opalo;* colocada cierta variedad dentro del agua se hace trasparente, y por esta razon se le da el nombre de *Opalo diáfano.*

Esta sub-especie es menos pesada que el *Cuarzo tipo*, y su dureza y tenacidad son igualmente menores, de donde resulta que no da tantas chispas al eslabon.

Puesto al fuego el Ópalo pierde el agua y se blanquea.

Yacimiento.—Este mineral se encuentra por lo comun como mero accidente en los terrenos medios, en forma de nódulos é impregnando las rocas siempre de orígen posterior á estas; en realidad tiene muy poca importancia en Geología.

Los usos son de todos conocidos.

d. Jaspe.

En general el vulgo llama *Jaspe* á todo Mármol de colores; y como esto científicamente considerado es un error, debe combatirse. El Jaspe

es un mineral compuesto esencialmente de Cuarzo asociado de alguna sustancia térrea, y en especial de los óxidos ó hidróxidos de Hierro con una cantidad notable de Carbon que le comunican la opacidad y los colores oscuros y hasta completamente negros que lo caracterizan.

Es una piedra mucho mas dura que lo que entiende el vulgo por tal; pues no se deja rayar por la navaja, siendo tambien inatacable por los ácidos; mientras los Mármoles se descomponen con una efervescencia mas ó menos viva, y los raya el acero.

Segun los colores y la distribucion que estos afectan, reciben los nombres de Jaspes rojos ó sanguíneos, listados ó en fajas, Jaspe de Egipto y piedra de toque ó Jaspe de Lidia, que es una piedra negra de estructura compacta y muy dura, que sirve para el ensayo del Oro y la Plata.

Tampoco tiene mucha importancia el Jaspe para que nos detengamos en hablar de su yacimiento. Lo mismo puede decirse respecto de sus aplicaciones, que se reducen á tallarlo en placas para mesas, pedestales y otros objetos de adorno.

Mica.

La *Mica* es ese mineral brillante de color amarillo, blanco de Plata, á veces negro y tambien dorado, que se presenta muy á menudo en forma de pajuelas muy relucientes en el Granito en los Asperones y entre las arenas de muchos terrenos de sedimento, y hasta en la tierra vegetal. El vulgo juzgándola tan solo por el color y brillo, muchas veces metálico, la suele confundir con el Oro y la Plata. Es un mineral muy fácil de reconocer y distinguir: se presenta por lo general en láminas ú hojas de dimensiones muy varias, láminas que se separan en otras muy finas por la sola accion de la uña, con la cual se deja rayar con mucha facilidad; es flexible y elástica, que es lo que la distingue del Talco. Se presenta por lo comun cristalizada, si bien los cristales perfectos son raros: la forma dominante es un prisma muy aplastado dependiente del romboidal recto como lo demuestra la figura adjunta.

Figura 34.

Las bases son brillantes y lisas, mientras las caras del prisma están estriadas trasversalmente.

La composicion de la Mica es muy variable; esto ha dado márgen á una porcion de sub-especies y tambien á gran número de dudas sobre el modo de considerarla. En último resultado, es un silicato doble de Alumina y Fluor, con otras bases como la Potasa, la Magnesia y la Litina teñido de óxidos de Hierro.

Yacimiento.— La Mica es en apariencia el mineral mas comun en la composicion del globo, pues se encuentra en todos los terrenos desde los Granitos, Gneis y Pizarras micáceas, hasta los de sedimento mas modernos y en la tierra vegetal. En estos últimos se encuentra como resultado de la descomposicion de las rocas antiguas que lo contenian primitivamente, conservándose con sus caractéres propios en razon á su mayor resistencia á la accion de los agentes exteriores. En general, se observa que su proporcion en las rocas es inversa á la del Feldespato, en lo cual se ve la sábia prevision del Supremo Hacedor, pues conteniendo ambas sustancias los mismos ó muy análogos elementos de la tierra vegetal, donde abunda el Feldespato escasea la Mica y vice versa; para que de esta manera la composicion se mantenga uniforme al menos; en lo que toca á aquellos principios, que como la Sílice, la Potasa, la Magnesia, la Cal &c., son esenciales á la vegetacion.

Aplicaciones.—La Mica sirve, cuando se encuentra en hojas de algun tamaño, para sustituir al cristal ó vidrio en las ventanas de los edificios y en los buques, para lo cual goza de trasparencia y elasticidad que le permite resistir á los golpes de mar y á la vibracion producida por los disparos de artillería: cuando está en hojitas de pequeño tamaño suele destinarse para las salvaderas.

Pero la gran aplicacion de esta sustancia es como mejoramiento de las tierras vegetales, á las que suministra, por su descomposicion lenta, una porcion de materias indispensables para la vegetacion, como la Sílice, la Cal, la Potasa y otras varias.

Talco.

El *Talco* es un mineral bastante comun en las rocas llamadas *magnésicas*, en la clasificacion adoptada en este *Manual* y en una especie particular de Granito en el que reemplaza á la Mica.

Geológicamente hablando, este mineral comprende todas las sustan-

cias compuestas, sobre poco mas ó menos, de silicato de Magnesia y óxidos de Hierro con una mayor ó menor proporcion de agua. El *Talco*, la *Esteatita*, la *piedra ollar* y la *Serpentina*, con todas sus variedades, deben en rigor comprenderse bajo esta denominacion.

El Talco, tipo de la especie, es un mineral de tacto untuoso y suave; flexible sin ser elástico; tan blando que se deja rayar con la uña; compuesto de hojas ó escamas que se separan con la mayor facilidad; el color de la raya es blanco anacarado; el propio de la sustancia es verde claro y á veces blanco de plata; al soplete el Talco funde con dificultad en los bordes.

La Serpentina es mas bien una roca que una especie mineral, y en tal concepto la describiremos cuando le llegue su vez.

El Talco forma parte integrante de varias rocas cristalinas y metamórficas, principalmente de la *Protogina* y el *Cipolino*; tambien entra en la composicion de muchas de las llamadas básicas y en varios Pórfidos, sobre todo en los verdes ú ofíticos.

Aplicaciones.—El Talco se destina á diferentes usos: la variedad llamada *piedra ollar*, muy comun en Suiza, sirve para la fabricacion de tazas, pucheros y otros utensilios; la conocida con el nombre de *Pagodita* para hacer bustos y estátuas de lujo que sirven de ornato en las iglesias ó pagodas de la China, de cuyo país procede; la tierra verde de Verona, variedad de esta especie, se emplea en la pintura &c.

Los *carbonatos* de *Cal* y de *Cal* y *Magnesia*, ó sea las piedras calizas y la llamada Dolomia, como que forman masas considerables, están incluidas en las rocas; de consiguiente, es excusado hacer aquí el exámen de sus caractéres.

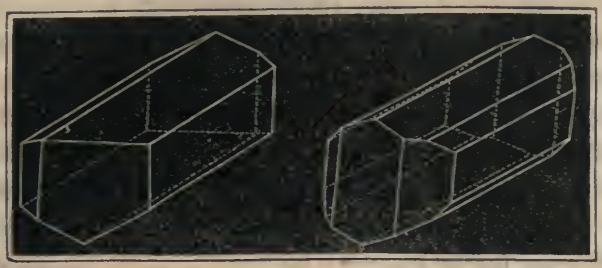
Peridoto.

El *Peridoto* es un silicato de Magnesia al que muy á menudo se asocia el protóxido de Hierro y de Manganeso, y á veces la Cal y la Alúmina; es de color de aceituna, por cuya razon se le conoce tambien bajo el nombre de *Olivino*; su fractura es algo concóidea y brillante; raya el vidrio y el Feldespato, y se deja rayar por el Cuarzo; su brillo es vítreo, traslúcido y á veces trasparente. Su peso específico está representado por 3,3; es infusible al soplete; pero lo atacan los ácidos.

Este mineral se presenta cristalizado en formas dependientes del

prisma romboidal oblícuo, siendo las mas comunes las adjuntas, procedentes de cristales del Vesubio y del Puy en Francia.

Figuras 35 y 36.



Otras veces se encuentra en masas granulares sueltas ó formando nódulos en el interior de las rocas volcánicas, y muy especialmente en los *Basaltos*. En este caso los granos suelen ser redondeados, y á menudo angulosos, de un color verde amarillento muy claro, y tambien hialinos. En este caso recibe el nombre de *Crisólita de los volcanes*, con el que fué conocido en la Joyería mucho tiempo antes que en Mineralogía.

La importancia del Peridoto en Geología consiste principalmente en ser la sustancia característica de los Basaltos; en las otras rocas volcánicas, Traquitas y Lavas es muy raro y accidental.

Aplicaciones.—Las aplicaciones del Peridoto se reducen á las de la Joyería, como piedra fina muy agradable á la vista. El entrar en su composicion la Sílice, la Magnesia, el Hierro y la Cal le da grande importancia en Agricultura, como lo demuestra la fertilidad de las tierras basálticas, á la cual concurre muy principalmente la descomposicion del Olvinio.

Las tres especies que siguen, la *Dialaga*, el *Piroxeno* y el *Anfibol*, ofrecen tantos puntos de contacto por su composicion, por las formas que afectan, por su dureza, densidad ó peso específico, y tambien hasta cierto punto por sus relaciones geológicas, que el famoso mineralogista Rose ha propuesto su reunion en una especie ó grupo de especies bajo el nombre de *Uralita*, por ser todas ellas muy comunes en las Dioritas de los montes Urales en Rusia.

Dialaga.

La *Dialaga* es un silicato de Magnesia, Cal y Hierro, constituyendo dos variedades, la primera llamada *Bronzita*, en la que predomina la Magnesia y el Hierro, y la segunda *Schillerspath*, en la que, por el con-

trario, la base principal es la Caliza, circunstancia que determina su mayor fusibilidad.

Broncita.—La Broncita, llamada así por su brillo metálico parecido al del Bronce, es de color pardo y amarillo verdoso; raya el Espato fluor y se deja rayar por el Cuarzo; su peso es 3,125; infusible al soplete por la cantidad de Magnesia que contiene, pero toma sin embargo, un color mas claro.

Schillerspath.—El Schillerspath es de color verde aceituna, verde gris y tambien oscuro tirando á negruzco; su dureza y densidad es casi igual á la de la Broncita, pero se distingue en que funde al soplete por el predominio de la Cal.

Aplicaciones.—La Diálaga, representada por las dos variedades indicadas, solo ofrece interés científico como base principal de una porcion de rocas de las llamadas básicas, y muy principalmente de las Eufótidas, de la Diorita orbicular ó verde de Córcega, y de la *Eglogita* asociada del Granate. Tambien es muy comun en la Serpentina y en la llamada piedra Ollar.

Piroxeno.

El *Piroxeno*, palabra griega derivada de dos raices, *pyr*, que significa *fuego*, y *œnos*, *huésped*, representa un grupo de minerales muy comunes en los volcanes y en ciertas rocas ígneas de donde procede su etimología. Todos ellos están compuestos de un silicato de Cal, variando las proporciones de esta sustancia y de la Magnesia, el Hierro y el Manganeso que se reemplazan ó sustituyen perfectamente en proporciones atómicas determinadas. En vista de su variada composicion, los autores, antes de conocer las leyes del isomorfismo, formaron tantas especies cuantas eran las modificaciones de sus elementos componentes. Haüy, sin embargo, viendo que todos los minerales que se referian á este grupo cristalizan en el mismo sistema, los reunió bajo una sola especie conocida con el nombre de Piroxeno. Por último, Bronqniart adoptó estas ideas de su antecesor, aunque, en atencion al predominio que en unos toma la Cal y la Magnesia, y en otros la Cal, el Hierro y la Magnesia, forma dos grupos, colocando en el primero los Piroxenos, llamados Diópsidos ó Silicatos de Cal y de Magnesia, y en el segundo á los conocidos con los nombres de *Hedenbergita* y *Augita*. A estos hay que añadir un tercer grupo, el de la Jeffersonita, formado por aquellos en que el Manganeso reemplaza una parte del Hierro. Hay, pues, que

dar á conocer Piroxenos calizo-magnésicos, Piroxenos ferrugíneos y Piroxenos manganesíferos. Los primeros y los últimos pertenecen á los terrenos antiguos, y se encuentran en las formaciones plutónicas y en las rocas metamórficas; mientras los Piroxenos ferrugíneos son peculiares de los productos volcánicos mas modernos y de ciertos Pórfidos medios.

Los caractéres comunes á todos son, en primer lugar, la forma dependiente de un prisma romboidal oblícuo, siendo las mas comunes las siguientes figuras:

Figura 37.

Figura 38.

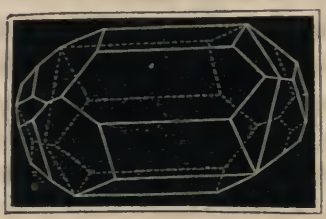


Figura 39.

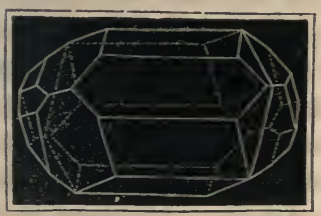


Figura 40.

El peso específico ó la densidad es tambien igual en todas con poca diferencia, representada por 3 y una fraccion. Todos rayan la Fosforita, y se dejan rayar por el vidrio. El soplete los funde á todos con mas ó menos dificultad.

Diópsido.—En cuanto á los caractéres distintivos, vemos que el Piroxeno diópsido es un mineral gris, verde claro, oscuro y hasta negro; á veces hialino, traslúcido y completamente trasparente; su fractura es laminar en el sentido de las caras, concóidea ó irregular al través; casi siempre se presenta cristalizado. Esta especie ofrece una porcion de sub-especies ó variedades, entre las cuales las mas notables son la *Malacolita* en masas lamelosas; la *Cocolita*, que se presenta granuliforme, la *Alalita Pargasita*, y otras.

Hedenbergita.—La Hedenbergita, que comprende el Asbesto, la Hiperstena, y la Augita ó Piroxeno de los volcanes por excelencia, ofrece

en el primero un color blanquecino algo anacarado, y la textura fibrosa que lo distingue perfectamente; en cuanto á las otras variedades, el color verde es oscuro, y en la Augita completamente negro y opaco, aun en láminas delgadas. Este último es el mas duro de todos los Piroxenos, llegando á atacar un poco el vidrio.

Jeffersonita.—Por último, la Jeffersonita es de color de aceituna cuando cristaliza, y en masas lamelosas es pardo oscuro y de brillo metalóideo.

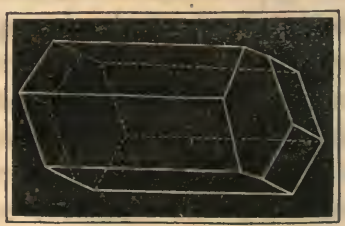
Aplicaciones.—La importancia de las diversas variedades de Piroxeno consiste en el papel que desempeñan en la composicion de determinadas rocas, como queda ya indicado. Su descomposicion suministra una porcion de elementos á la tierra vegetal que le comunican cualidades excelentes para el cultivo de la vid, de los cereales y de otras plantas.

Anfibol.

La palabra *Anfibol* deriva del griego *amphibolos*, que significa *dudoso*, y se ha aplicado á un grupo de especies de silicatos de Cal y otras bases con las que antiguamente se habian confundido una porcion de sustancias que solo ofrecen analogía en sus caractéres exteriores. Hoy dia se ha circunscrito este nombre á tres especies, á saber: al Anfibol blanco ó gris verdoso, llamado *Tremolita* ó *Gramatita*; al Anfibol negro, dicho *Hornblenda*, y al verde ó *Actinota* que, por su composicion y caractéres exteriores, puede considerarse como el lazo que une á las dos anteriores. Todas tres cristalizan en formas dependientes del prisma romboidal oblícuo, difiriendo tan solo de las del Piroxeno por el valor de sus ángulos, como se ve en las figuras siguientes. Geológicamente hablando, no todas tienen igual importancia; pudiendo asegurar que el negro, ó sea la Hornblenda, es la única que merece especial mencion, por cuanto entra en la composicion de una porcion de rocas básicas, como veremos en su lugar.

Figura 40.

Figura 41.



Tremolita.—La Tremolita es un mineral compuesto de Sílice, Cal, Magnesia y algo de protóxido de Hierro y de Manganeso; es un Anfi-

bol calizo, de color blanco ó gris verdoso; de textura fibrosa y tambien radiada á veces; de brillo sedoso; raya á la Cal carbonatada; pesa 2,931; funde al soplete en esmalte ó vidrio blanco.

Se presenta accidentalmente en masas fibrosas, en cristales diseminados en ciertas Calizas sacaróideas y en rocas pizarrosas de los terrenos paleozóicos.

Hornblenda.—El Hornblenda es un mineral negro y opaco, de textura laminar y con frecuencia fibrosa; brillante en las dos caras de crucero; su peso es 3,167; funde en esmalte negro con facilidad, y se deja atacar muy difícilmente por los ácidos. A veces se presenta acicular; otras en granos de un color verdoso oscuro, y mas comunmente en primas de seis caras del sistema romboidal oblícuo con las bases apuntadas. No es raro encontrarlo de estructura granosa imitando á la Caliza sacaróidea, y á veces compacto, de color completamente negro, constituyendo lo que los alemanes llaman *Hornstein* ó piedra córnea. En su composicion entra la Sílice, la Cal, la Magnesia y el hierro, que es el elemento dominante.

Este Anfibol entra en muchas rocas como elemento esencial, llegando á constituir por sí la Anfibolita ó roca de Anfibol; en la sienita puede decirse que forma ⅓ por lo menos de la masa; asociado del feldespato Albita constituye las Dioritas, rocas básicas de gran importancia, como se verá mas adelante; en los terrenos volcánicos, y muy especialmente en los traquíticos, se encuentra tambien esta especie; en otros puntos la Hornblenda se encuentra formando rocas metamórficas, como sucede en la isla de Elba, cerca de Rio, y no lejos de las famosas Minas de Hierro. De manera que esta especie se encuentra en toda la série de rocas plutónicas y metamórficas, si bien en general predomina en los terrenos antiguos.

Actinota.—La Actinota es un Anfibol de color verde claro que se presenta en masas bacilares y tambien fibrosas, raras veces bien determinadas; casi tan pesado como la Hornblenda; funde en un vidrio algo teñido de verde, y en su composicion la Magnesia y la Cal desempeñan un papel casi idéntico.

Tampoco tiene la Actinota gran importancia considerada geológicamente; sin embargo, se la encuentra en masas fibrosas y aciculares asociada á las Serpentinas y Dioritas, y entra como elemento mineral en ciertos Pórfidos verdes y en las Dioritas y Ófitos.

Aplicaciones.—La descomposicion de estas especies suministra á la tierra vegetal elementos preciosos, como la Cal, el Hierro y la Magnesia.

En cuanto á las *Arcillas*, como que se describen mas adelante consideradas como verdaderas rocas, prescindimos de tratar de ellas en este lugar.

Artículo 2.°

Caractéres generales de las rocas.

Terminado el estudio de los minerales que entran en la composicion de las rocas mas comunes, que son los que nos interesa conocer, antes de entrar en el exámen detallado de cada una de ellas, conviene indicar los caractéres de que el geólogo se vale para llegar á conocerlas, y el modo de servirse de ellos para conseguir tan importante objeto.

La persona mas autorizada en el estudio de la Geognosia, el profesor Cordier, señala en sus lecciones en el Museo de Historia Natural de Paris hasta 15 caractéres de los que debe echar mano el geólogo práctico, para conocer bien las rocas; estos caractéres son los siguientes:

1.° Composicion.
2.° Adherencia ó cohesion.
3.° Textura.
4.° Contralecho.
5.° Porosidad.
6.° Color.
7.° Traslucidez.
8.° Fosforescencia.
9.° Olor.
10.° Magnetismo.
11.° Densidad.
12.° Division natural en fragmentos.
13.° Sonido.
14.° Humedad natural.
15.° Alteracion.

Sin entrar en detalles acerca de cada uno en particular, pues esto nos separaria demasiado de nuestro objeto, veamos de qué modo deben entenderse los que tienen en la materia una verdadera importancia.

1.° *Composicion.*

El carácter fundamental, por decirlo así, y al que en realidad debe el geólogo dar toda su importancia es el que se refiere á la composicion mineralógica de las rocas.

Elementos esenciales, accesorios y accidentales.—Los elementos constitutivos de una roca pueden ser *esenciales*, *accesorios* y *accidentales*. Llámanse esenciales los que se hallan diseminados con cierta uniformidad en su masa, á la que tanto por esta circunstancia cuanto por la cantidad con que se encuentran, le comunican el carácter principal que la distingue; ejemplo el Cuarzo, el Feldespato y la Mica en el Granito. Son accesorios los que se agregan en proporcion algo notable á los anteriores, aunque sin darle ni cambiar la naturaleza de la roca como el Cuarzo en el Gneis, la Mica y Serpentina en las Pizarras calizas y otras. Por último, reciben el nombre de accidentales los elementos que se encuentran en menor cantidad aunque influyen todavía menos que los anteriores en comunicarle carácter á la roca; las sustancias tintóreas, los metales diseminados ó cristalizados, algunas piedras preciosas, y otros, pueden presentarse como ejemplos.

Rocas simples y compuestas.—Segun el número de elementos ó especies minerales que entran en la composicion de las rocas, estas se distinguen en *simples* ú *homogéneas* cuando solo existe uno, como por ejemplo, las Calizas, los Yesos &c., y *compuestas* ó *heterogéneas* cuando hay mas de uno como se ve en el Granito, en los Pórfidos, en las rocas volcánicas y en otras muchas.

Rocas faneróginas, adelógenas y mistas.—En estas últimas los elementos pueden presentarse claros y aparentes á la simple vista como en el Granito, y en este caso las rocas se llaman *fanerógenas* de *faneros* en griego, cosa aparente; ó bien ocultos como en el Petrosilex y otras, y entonces reciben el nombre de *adelógenas* de *adelos*, cosa oculta. Los Pórfidos representan un tipo intermedio, pues del seno de una pasta adelógena se destacan cristales bien aparentes, como veremos al describirlos.

En las rocas sencillas y aun en las compuestas fanerógenas basta con frecuencia el estudio de las propiedades exteriores y físicas para llegar á tener un conocimiento exacto de su naturaleza. No así en las compuestas adelógenas en las que será menester valerse de ciertos medios fáciles y sencillos para llegar á conocer su verdadera composicion.

Cristales diseminados.—El primero de estos medios y el que se presenta desde luego á la vista es la presencia de *cristales diseminados*, pues en virtud de la armonía que reina en la creacion mineral, casi siempre la masa de la roca es de la misma naturaleza que aquellos.

Tránsitos de una roca á otra.—El *tránsito* de una roca adelógena á otra fanerógena puede ayudar poderosamente al geólogo para conocer su composicion. De consiguiente, conviene examinar las rocas en los puntos de contacto ó de tránsito; esto equivale á decir, que lo esencial en el estudio de las rocas es ir á examinarlas en su yacimiento ó criadero propio, y seguirlas despues en toda su extension observando los cambios ó alteraciones que experimentan; pues no de otro modo se llegará al conocimiento exacto de la materia.

Descomposicion.—En este exámen local de las rocas en el criadero mismo (verdadero laboratorio del geólogo), convendrá fijarse en aquellos puntos en que las rocas empiezan á descomponerse, pues allí sus elementos constitutivos se ponen de manifiesto por la alteracion que determinan sobre ellos los agentes exteriores.

El Eslabon.—El uso del *eslabon* es á veces de gran recurso porque nos revela la presencia de ciertos principios que no sería fácil reconocer á simple vista; así por ejemplo, la Caliza ú otra roca cualquiera cuando da chispas con el eslabon manifiesta la existencia de la Sílice que difícilmente podriamos reconocer de otro modo á no apelar á reacciones químicas.

Frote y percusion.—El *frote* y la *percusion* revelan la presencia de ciertos principios bituminosos cuyo conocimiento suele ser de la mayor utilidad en el estudio de algunas rocas adelógenas.

Análisis mecánica.—Otro de los caractéres, y tal vez el mas precioso de todos, es el de la *análisis mecánica.* Esta se reduce á triturar la masa de la roca que se examina sin llegar á pulverizarla á fin de que los elementos de que consta conserven sus formas y aspecto propio; se colocan despues los pequeños fragmentos en la extremidad de una placa de cristal que se sostiene algo inclinada con una mano; se la golpea con la otra para lograr la separacion de aquellos por tamaños, cayendo al suelo los que por sus dimensiones no sirven para el caso. Hecho esto, se recojen con una brochita ó pluma fina las partículas que aproximadamente tienen el mismo volúmen. Esto puede tambien conseguirse en la placa misma por medio del lavado, en cuyo caso la separacion la determina el peso específico y el tamaño de las moléculas. En el último caso hay que secar á la lámpara de alcohol las partículas, y en ambos se lle-

van al campo del microscópio, que para este exámen bastará que produzca un aumento de treinta ó cuarenta diámetros. Antes ó despues de esto se debe echar mano de la aguja ó barra imantada, pues por su medio se reconocerá la presencia en la roca, del Hierro, Nikel y otros metales cuyo conocimiento es de la mayor importancia, por cuanto se despejan tambien varias incógnitas de las que ofrece el problema. Por este medio tan sencillo el geólogo algo experimentado reconoce por el brillo, por el color y demas propiedades exteriores, y muy particularmente por los cristales, si existen, las sustancias que componen la roca que se propone determinar. Si la simple accion física no bastase á tan importante objeto, se recurrirá á los medios químicos representados por los ácidos y el soplete, ó lo que es lo mismo, por la via húmeda y la via seca.

Accion de los ácidos.—Por los ácidos conoceremos si la roca ó alguna de sus partes es soluble ó insoluble; y en el primer caso, si lo es con efervescencia ó sin ella, si deja ó no resíduo y de qué color es este. Y como quiera que cada uno de estos caractéres corresponde á determinados principios minerales de los pocos que entran en la composicion de las rocas, son evidentes los resultados prácticos que puede sacar el geólogo de este exámen. Si todo esto llegara á ser infructuoso nos valdremos de la accion del fuego, ya ordinario ya auxiliado del soplete. El simple aumento de temperatura, colocada la sustancia triturada en algun crisol ó bien á la luz de una bujía ó de la lámpara de alcohol, basta en muchos casos para conocer los elementos de las rocas difíciles de determinar á la simple vista; ora sea por el cambio de color, ora por lo fácil ó difícil de la combustion, como tambien por el olor que despide la sustancia y por el resíduo que deja.

Soplete.—Del soplete nos serviremos cuando haya necesidad de activar la accion de la llama, objeto principal de este instrumento. Como los elementos de una roca no son igualmente fusibles, el soplete nos enseña cuál de ellos cede mas pronto á la accion de una elevada temperatura. Así es, que una roca compuesta de Caliza y Sílice se reconocerá muy pronto por la mayor fusibilidad de aquella con respecto de esta, que casi, por decirlo así, es infusible. El soplete es un gran recurso como auxiliar del microscópio. Para esto se toman los fragmentos del campo de este instrumento con unas fibras de *Distena* mineral que resiste mucho al calor, ó con las pinzas de Platino mojándolas en agua de goma; despues se dirige convenientemente el dardo de la llama activada por el soplete, teniendo cuidado de colocar la sustancia que se examina en la parte exterior de aquella, si lo que se desea es oxidarla,

ó dentro de la llama misma si por el contrario se la quiere desoxidar ó reducir. En uno y en otro caso se observa si la masa funde ó no, y si lo hace por igual en toda ella ó bien solo en alguno de sus puntos; se nota tambien el color y demas cambios que este agente determina; si la materia da vidrio ó esmalte con los colores que ellos afecten, y demas circunstancias que se presenten. Cuando antes de llegar á la máxima temperatura que por este medio puede lograr el geólogo, se suspende repentinamente su accion, produce efectos muy notables sobre determinadas sustancias comunicándoles una coloracion peculiar; de modo que llevándolas despues al campo del microscópio, se puede llegar á conocer la naturaleza de los elementos de una roca *adelógena* por compleja que sea.

Lejos de mí el negar la importancia de estos medios eficacísimos cuando se estudian las rocas en el gabinete; pero no puedo menos de aconsejar el manejo de muchas colecciones, y muy particularmente el estudio de las rocas en su criadero propio, pues la experiencia me ha demostrado ser estos los dos medios mas eficaces de familiarizarse en su conocimiento.

2.° *Adherencia ó cohesion.*

Sólidas é incoherentes.—La adherencia ó cohesion entre los elementos constitutivos de las rocas se pone de manifiesto por el esfuerzo que hay que hacer para separarlos; carácter importante para el conocimiento de aquellas y segun el cual se dividen en *sólidas*, é *incoherentes* ó *sueltas*.

El modo de unirse los elementos de una roca sólida consiste en una especie de yuxta posicion ó trabazon mecánica tal, que no cede en nada á la que determina la cristalizacion.

Rocas agregadas y conglomeradas.—Las rocas sólidas así constituidas se dividen en *agregadas* y *conglomeradas*; distinguiéndose principalmente en que en aquellas los elementos son contemporáneos ó de una misma época, mientras que los de estas, por el contrario, pertenecen á períodos distintos: en las agregadas los minerales se hallan reunidos por su propia cohesion, diferenciándose de las conglomeradas en que en estas existe un cemento que reune los materiales de una misma ó de naturaleza distinta.

Compactas y celulares.—Las rocas sólidas agregadas se distinguen en *compactas* y *celulares* segun que los espacios que separan los elementos entre sí son ó no visibles: las rocas cristalinas como el Granito, los

Pórfidos &c. son compactas: las Lavas en general, el Silex molar y otras son celulares y porosas.

En cuanto á las conglomeradas, resultado de la descomposicion de rocas preexistentes, su estudio es de la mayor importancia; tanto por la procedencia de los fragmentos, y la naturaleza del cemento, idéntica ó distinta de la de aquellos, cuanto por su edad respectiva, pudiendo ser contemporáneo, preexistente ó posterior á la consolidacion de la roca. En general las sustancias que mas comunmente suelen hacer el oficio de cemento son la Caliza, la Sílice y el Hierro.

Dureza, tenacidad y ductilidad.—El grado de adherencia de los elementos en las rocas determina algunos caractéres como la *dureza*, la *tenacidad* y la *ductilidad* que se distinguen por medio del eslabon ó la punta de una navaja. Bajo este punto de vista las rocas se dividen en extremadamente duras (Cuarzo y Esmeril): duras (Feldespatos): tenaces (Serpentina): tiernas (Talco, Yeso): friables (Trípoli): ágrias ó frágiles (Obsidiana) &c.

Rocas sueltas.—Rocas sueltas ó incoherentes son aquellas cuyos elementos no están ligados de un modo íntimo: resultado la mayor parte de un grado muy avanzado de descomposicion.

Las Arenas representan el estado incoherente por excelencia; mientras que las Arcillas lo ofrecen tambien aunque imperfecto, pues solo se las puede moldear cuando están empapadas en agua, endureciéndose por el contrario así que la pierden.

3.° *Textura.*

Definicion.—La textura, ó sea la disposicion particular y entrecruzamiento de los elementos en las rocas, es otro de los caractéres mas preciosos para conocerlas y distinguirlas.

Textura uniforme de las rocas agregadas.=Para mayor claridad daremos á conocer primero la textura de las rocas agregadas y luego la de las conglomeradas. La de aquellas puede ser uniforme ó compleja; recibiendo la primera las denominaciones siguientes: *granosa* ó *granuda* cuando la roca ofrece un grano mas ó menos basto como el Granito: *granulosa* cuando el grano es mas fino como se ve en la Leptinita: *arenoidea* ó *arenosa* cuando los granos son un poco redondeados imitando á los de la arena y areniscas, pero sin cemento que los una, como se nota en la Dolomia: *gráfica* cuando los elementos constitutivos (Cuarzo y Feldespato en la Pecmatita) están dispuestos de modo que en la seccion trasversal imitan caractéres orientales: *laminar*, *hojosa*, *&c.* cuando la frac-

tura en vez de presentarse granosa, ofrece laminitas, hojuelas ó láminas mayores, como se observa en el Gneis, en la Anfibolita, en la Eglogita y en otras.

Fijando la atencion por un momento en estas diversas texturas vemos que todas pertenecen á rocas *fanerógenas*. La uniforme en las *adelógenas* puede ser *compacta*, *arcillosa y vítrea*: llámase *compacta* cuando los elementos reducidos á la mas pequeña expresion en su tamaño están muy apretados, como en el Petrosilex; dícese *arcillosa* cuando por el contrario el tejido de la roca, si es permitido decirlo así, es algo celular imitando el aspecto de la Arcilla, como se ve en ciertas Traquitas; y por último recibe el epíteto de *vítrea* siempre que ofrece la consistencia y solidez del vidrio, como se observa en la Obsidiana.

Textura compleja de las rocas agregadas.—La textura compleja de las rocas agregadas se llama *porfídica* cuando del fondo de una masa uniforme se destacan cristales de la misma ó de distinta naturaleza (Pórfidos): *porfiroidea* cuando en una roca granosa se encuentran cristales de Feldespato ó de cualquiera otra especie mineral, como se ve en muchos Granitos: *glandular* cuando los cristales en vez de estar esparcidos sin órden alguno en la roca, forman grupos que imitan ciertas glándulas ó nódulos, como se observa en la Talcita cuarcífera: *globular* y *globuliforme* cuando los elementos se hallan en masas redondeadas de un tamaño mayor ó menor: *variolada*, cuando los glóbulos se encuentran imperfectos, distinguiéndose tan solo por manchas que revelan un principio de descomposicion en la roca y su tendencia á la estructura globular (Variolita): *amigdaloidea* cuando en el interior de la masa se presentan elementos no esenciales á la roca, en forma de núcleos, ora compactos, ora llenos de cristales ó tapizados por estos (la Lava con incrustaciones): *fragmentosa* cuando la masa de la roca ofrece en su interior pedazos irregulares y de distinto tamaño: *entrelazada* y *reticular* cuando en una roca se encuentran niveladas confusamente varias texturas de las mencionadas como en el Mármol de Campan, en la Ofiolita y otras.

Textura de las rocas conglomeradas.—La textura de las rocas conglomeradas puede ser *compacta* cuando el cemento ocupa todos los espacios que dejan entre sí los elementos de que consta, como sucede en muchos Mármoles: *arcillosa* ó *arcilloidea* cuando ofrece un aspecto parecido al de las Arcillas (Creta): *arenácea* cuando son granos de arena los elementos aglutinados por un cemento casi imperceptible como se nota en los Asperones ó Areniscas: *oolítica* si los granos son pequeños y redondos parecidos á huevos de pescado (*oos* huevo y *litos* piedra): *pi-*

solítica cuando son mayores y formados de capas concéntricas: si los elementos alcanzan mayor tamaño se llama *fragmentosa*, distinguiéndose con los epítetos de *brecha* si son angulosos y *pudinga* si redondeados.

4.° *Contralecho.*

Llámase hilo ó *contralecho* la tendencia que ofrecen muchas rocas, particularmente las pizarrosas, á hendirse ó fracturarse en un sentido determinado, ora en la misma, ora en direccion contraria á la que afectan sus estratos. A este carácter, que conviene no confundir con la verdadera estratificacion, lo llaman otros estructura; su estudio nos suministra las variedades siguientes: *tabular* cuando se separa en placas de algun grueso ó espesor (Fonolita): laminar y *hojosa* cuando son muy delgadas como se nota en las Pizarras micáceas, por ejemplo: *pizarrosa* cuando las láminas son de espesor diferente (Gneis y Pizarras): *prismática* cuando las rocas tienen tendencia á tomar formas regulares como sucede con los Basaltos, algunas Traquitas y otras rocas no solo ígneas sino hasta de sedimento, como las Arcillas, por retraccion.

Aunque siguiendo en esta materia á Mr. Cordier, indicamos al empezar este artículo quince caractéres que debian servirnos de guia en el árduo é importantísimo estudio de las rocas; puede decirse que los que acabamos de examinar son los mas esenciales, tanto por la importancia secundaria de los otros, cuanto porque muchos de ellos se hallan en rigor embebidos en los que acabamos de exponer. Así, por ejemplo, la porosidad está, si se quiere, comprendida en la estructura y tambien hasta cierto punto la densidad, pues en general cuanto mas compacta es una roca, tanto mayor es su peso.

Color.—En cuanto al color solo puede decirse que el predominio de ciertos elementos determina una coloracion particular en las rocas. Así es, que en general, las tintas negras son propias de las sustancias combustibles y de las rocas en que predomina el *Anfibol Hornblenda*, el *Piróxeno Augita*, la *Hiperstena &c.*: los colores verdes son muy comunes en las que predomina la *Serpentina*, el *Diópsido*, la *Actinota*, algunas *Tremolitas &c.*: los blancos se observan muy á menudo en las *Calizas* en las rocas feldespáticas descompuestas y en otras muchas: el predominio del peróxido de Hierro se deja apreciar por el color rojo: el verde supone la presencia del Cobre, y así de otros varios.

Traslucidez.—Respecto á la traslucidez, las rocas son opacas como sucede en la inmensa mayoría de ellas, y traslucidas como el Mármol de Carrara; las trasparentes son muy raras.

Fosforescencia.—La fosforescencia es un carácter precioso por cuanto es inherente á la composicion de determinadas sustancias, si bien el número de estas es muy corto. La *Fosforita* ó fosfato de cal y algunos Granitos de Extremadura y Galicia, son las únicas rocas que puestas á la lumbre reducidas á polvo, despiden ese color azulado en la llama característica de esta propiedad.

Olor.—Por lo que toca al olor tambien es un carácter de escasa importancia. Sin embargo, el *bituminoso* que despiden todos los combustibles expontáneamente excepto la Turba; el de tierra que dan todas las sustancias arcillosas cuando se las aplica el aliento; el fétido que desarrolla una especie de combustible llamado *Dusodila* y el empireumático de la Turba son característicos; el olor que despiden por la percusion algunas rocas pone en claro la existencia de ciertos principios bituminosos ó hidrogenados, como se observa en las Calizas fétidas y en la mayor parte de los Mármoles negros.

Magnetismo.—La atraccion que ciertas rocas ejercen sobre la piedra iman revela la presencia del Hierro ó de determinados minerales que lo contienen, como por ejemplo los Granates.

Densidad.—La densidad ó peso específico muy importante, considerado científicamente, en cuyo caso hay que echar mano de la balanza ó del frasco de volúmen constante, en el terreno práctico de la determinacion de las rocas no es de grande utilidad. No obstante, cuando una roca es muy pesada supone la presencia de algun metal ó de determinadas sustancias térreas, como la *Barita* ó la *Estronciana*. El Silex néctico, la piedra Pomez, el Lapilli y las escorias de la Lava, con otras rocas en escaso número, se reconocen fácilmente por su ligereza que llega en algunas hasta el punto de sobrenadar en el agua.

Fragmentacion.—La fragmentacion ó sea la tendencia de ciertas rocas á tomar determinadas formas al dividirse natural ó artificialmente en su tránsito del estado pastoso al sólido, suele ser un carácter precioso. Así es, que los Basaltos se distinguen en general por sus formas prismáticas, aunque tambien la ofrecen las Traquitas, algunas Lavas y las sustancias arcillosas al tiempo de encojerse su materia por la accion del calor. Muchas rocas de Feldespato compacto ó petrosilíceas suelen cuartearse y presentar formas cúbicas ó romboédricas á la inmediacion de sustancias ígneas. Una cosa análoga se observa en el Carbon mineral ó Ulla.

Sonido.—El sonido que producen por el choque del martillo ó de cualquier otro instrumento suele ser característico en muchas rocas,

como en la Fonolita, por ejemplo, llamada tambien por los alemanes Klingstein, por el sonido particular que da cuando se la golpea.

Humedad.—La humedad de las rocas depende en gran parte de la estructura, y de su naturaleza propia. Las silíceas en general y muy particularmente las arenáceas, son secas y áridas: las calizas y volcánicas lo son tambien por la facilidad con que dejan pasar el agua: por el contrario, son húmedas las arcillosas y aquellas en que predomina la Alúmina, pues este elemento les comunica la impermeabilidad que le distingue.

Alteracion.—La alteracion por descomposicion ó por metamorfismo determinado por la accion del calor ó de ciertos principios que obran sobre las rocas, es un carácter muy importante en el estudio de las rocas, y aun lo es mas el que se desprende del exámen de los tránsitos de unas á otras. Pero sobre esto no se pueden dar reglas fijas y sí solo debe aconsejarse que este estudio se haga en el gran laboratorio de la naturaleza, pues allí con algo de sagacidad y de conocimientos químicos se llegan á descifrar los enigmas geognósticos mas complicados. Esto es decir que la Geología es ciencia fácil y bella en las montañas y en el terreno mismo adonde hay que ir para participar de sus verdaderas delicias y de las ventajas que proporciona su estudio.

Artículo 3.º

Clasificacion de las rocas.

Conocido el modo de apreciar y distinguir los caractéres de las rocas, se está ya en el caso de entrar en el estudio de la clasificacion ú ordenacion metódica de aquellas para pasar despues al exámen de cada una de ellas en particular.

En toda clasificacion hay que atender indispensablemente á tres cosas, á saber, á la especificacion reducida á sentar las bases sobre que ha de fundarse la especie, verdadera unidad de medida; á la ordenacion ó agrupacion de estas y al lenguaje empleado para su representacion.

Especie geológica.—Por lo que toca á la especie en Geología es lo que se ha convenido en llamar roca, unidad compleja, y en cuya designacion y delimitacion no se puede aspirar al rigor á que llega el zoólogo ó el botánico en las especies animales ó vegetales fundadas en la gene-

racion. Tampoco puede aspirar la ciencia de la tierra en esta materia á la exactitud que la naturaleza química y la cristalizacion dan á las especies minerales; por lo cual el célebre mineralogista francés Haüy, decia: «que las rocas son los incomensurables del reino mineral.» Esto quiere decir que si la Mineralogía puede cultivarse en el gabinete, la Geología tiene que estudiarse en el campo, en las montañas, en los valles; en donde á falta de otros medios, las relaciones de las rocas entre sí, el tránsito de unas á otras, y las demas condiciones de criadero, podrán ilustrarnos poderosamente en materia de suyo difícil y escabrosa, pero de grandes utilidades prácticas.

Este sistema no rechaza los medios que proporciona la Química y la inspeccion de las colecciones: antes, por el contrario, desde que la Geología se apoya en la análisis química de las rocas, ha hecho verdaderos progresos. Así es, que fundado en este poderoso recurso el señor Delesse ha sentado el gran principio «de que, al menos por lo que toca á las rocas cristalinas, las mas difíciles de determinar, todas las de una misma época ofrecen una composicion sino idéntica muy análoga, así como vice versa, las que ofrecen una misma composicion pertenecen á la misma época.»

En medio de todas estas dificultades, obligados á designar y fijar la especie, pues de otro modo faltos de una base no podriamos establecer la clasificacion, diremos que por especie geológica ó roca se entienden «los minerales simples en grandes masas y las mezclas ó combinaciones mas ó menos fijas y constantes de los mismos elementos, en iguales proporciones y afectando una textura igual ó muy parecida.» La especie, pues, en Geología se funda esencialmente en la composicion mineralógica; determinando las sub-especies y variedades, los accidentes exteriores y físicos de los elementos constitutivos. A pesar de esto, no dejarán de notarse algunas irregularidades en el cuadro de la clasificacion que va mas adelante, y tambien en la descripcion particular de las especies, irregularidades hijas de la dificultad que presenta la materia. Obligados, por otra parte, á ajustar la colocacion de los géneros, especies y variedades á un cuadro ordenado, con el fin de facilitar el estudio, no se extrañará ver á las Pizarras cristalinas consideradas como especie, siendo en rigor un género, y á las Pizarras arcillosas, micáceas, talcosas &c., que son verdaderas especies distintas por su diferente naturaleza, colocadas como variedades. Otras veces tambien se hallan agrupadas en una especie el Yeso y la Anhidrita, por ejemplo, siendo, mineralógicamente consideradas, dos especies distintas: la escasa im-

portancia de la Anhidrita en Geología autoriza hasta cierto punto su agrupacion; y así de otros ejemplos análogos.

En cuanto á la ordenacion de las grandes masas minerales ó rocas, puede ser genealógica cuando se funda sobre la causa que las ha dado orígen, ó cronólogica si se atiende mas bien á la edad ó época á que pertenecen. La primera division corresponde á las rocas propiamente dichas; la segunda á los terrenos.

Las rocas, respecto á su orígen, se dividen en

1.° Igneas..... { De enfriamiento posterior. / De expansion. / De erupcion.

2.° Neptúnicas... { De precipitacion química. / De sedimento mecánico. / De trasporte.

3.° Orgánicas....

4.° Mistas..... { Piro neptúnicas. / Neptuno pirógenas.

El mecanismo de toda clasificacion, una vez conocida la unidad de medida (la especie), consiste en ir formando grupos de cada vez mayores, hasta llegar á uno que los abraza ó comprende á todos. El último grupo debe fundarse en la condicion mas esencial de su existencia, como la de ser animal, vegetal, mineral ó roca la sustancia que se trata de clasificar. Las especies se agrupan en géneros; estos en órdenes, familias y clases, hasta llegar al reino que lo comprende todo, formando de este modo un aparato ó andamiada, digámoslo así, que facilita extraordinariamente la inteligencia de la materia.

En la clasificacion de las rocas, las especies se agrupan en géneros por la semejanza ó identidad de alguno de sus principios esenciales. Los géneros análogos constituyen órdenes por la época á que pertenecen ó el estado intacto ó de alteracion que ofrecen &c. Por último, la naturaleza de los fenómenos que les han dado orígen es la consideracion que reune los órdenes en clases.

En virtud de estos principios se establece la siguiente clasificacion, que, aunque no exenta de defectos, ofrece la ventaja de ser muy práctica.

REINO GEOLÓGICO.	CLASES.	ORDENES.	GENEROS.
MASAS MINERALES CUYO ORÍGEN ES DEBIDO Á.....	Fenómenos eruptivos.—Rocas ígneas.....	1.° Antiguas, cristalinas ó graníticas.....	1.° Granito tipo.....
			2.° _____ abortado.....
			3.° _____ degenerado.. .....
		2.° Medias ó porfídicas.....	1.° Feldespáticas.....
			2.° Magnésicas ....
		3.° Modernas ó volcánicas.....	1.° Traquíticas.....
			2.° Basálticas..... .....
			3.° Lávicas..... ....
	Fenómenos ácueos.—Rocas neptúnicas	1.° Normales.....	1.° De sedimento químico.... .....
			2.° _____ mecánico.....
		2.° Alteradas ó metamórficas..	1.° Cristalofílicas.....
			2.° De orígen químico.....
			3.° _____ mecánico... .....
	Fenómenos orgánicos.—Rocas orgánicas.....	1.° De procedencia animal.....	1.° Caliza de orígen orgánico.. .....
			2.° Silex... .....
		2.° Combustibles.....	1.° Resinas..... .....
			2.° Betunes..... .....
			3.° Carbones.....

LÓGICA DE LAS ROCAS.

ESPECIES.	VARIEDADES.
1.ª Granito comun	Granito de grano fino, aporfidado, Gneis &c.
1.ª Pegmatita	Pegmatita comun, gráfica &c.
2.ª Petrosilex	Petrosilex comun, pizarroso, Eurita, Euritina &c.
3.ª Cuarzo eruptivo	Cuarzo eruptivo comun &c.
1.ª Sienita	Sienita granitóidea, aporfidada &c.
2.ª Protogina	Protogina granitóidea, aporfidada, pizarrosa &c.
1.ª Ortófido	Pórfido rojo antiguo, cuarcífero &c.
2.ª Albitófido	Melafido, Espilita, Variolita &c.
3.ª Labradófido	Pórfido verde, Ofito &c.
4.ª Oligófido	Oligófido porfiróideo, cuarcífero &c.
1.ª Serpentina	Serpentina comun y noble, Ofiolita, piedra ollar &c.
2.ª Eufótida	Verde de Córcega, Hiperita, Gabbro &c.
3.ª Anfibólita	Diorita y Dioritina, Afanita &c.
4.ª Piroxénita	Piroxeno en masa, Lherzolita &c.
1.ª Traquita	Traquita comun, porfiróidea, Domita, Obsidiana &c.
2.ª Fonolita	Fonolita, Leucostita, Perlita, Retinita &c.
1.ª Basalto	Basalto en masa y prismático, Dolerita &c.
2.ª Leucitófido	Leucitófido comun y rojo, Lava anfigénica &c.
1.ª Lava	Lava compacta, porfiróidea, Lapilli &c.
2.ª Azufre	Azufre compacto, estalactítico, terroso &c.
1.ª Caliza	Toba caliza, piedra litográfica, Mármoles &c.
2.ª Dolomia	Dolomia, Carniola &c.
3.ª Yeso y Anhidrita	Yeso comun, fibroso, Alabastro yesoso, Anhidrita &c.
4.ª Sal comun ó gema	Sal comun, laminar, granosa, arcillosa &c.
5.ª Silex	Pedernal, Moleña, Tripoli, Jaspe &c.
6.ª Hierro oxidulado	Hierro oxidulado granular, arenoso y compacto.
7.ª Hierro peroxidado	Hierro oligisto, especular, micáceo, compacto &c.
8.ª Hierro hidroxidado	Hematites parda, compacta, pisolítica &c.
9.ª Hierro carbonatado	Hierro carbonatado, espático, orbicular, cuarcífero &c.
10 Manganeso peroxidado	Manganeso peroxidado, amorfo, concrecionado, dendrítico &c.
1.ª Arcillas	Kaolin, Arcilla esméctica, plástica &c.
2.ª Arenas y Areniscas	Arenas y Arenisca cuarcífera, ferruginosa &c.
1.ª Gneis	Gneis comun, aporfidado &c.
2.ª Pizarras cristalinas	Pizarras arcillosas, micáceas, talcosas, cloríticas &c.
1.ª Caliza	Mármol sacaróideo, de Carrara, de Paros &c.
2.ª Dolomia	Dolomia comun granosa, cristalina, Carniola &c.
3.ª Yeso y Anhidrita	Yeso sacaróideo, Anhidrita &c.
1.ª Cuarcita	Cuarcita comun, Anagenita &c.
2.ª Jaspe	Jaspe comun, pizarroso, cuarcífero &c.
3.ª Porcelanita	Porcelanita compacta, pizarrosa &c.
1.ª Caliza	Caliza compacta de estructura orgánica, Creta en parte.
2.ª Silex	Pedernal y Tripoli en parte.
1.ª Ambar ó Succino	Ambar comun de diferentes colores, insectífero.
1.ª Asfalto	Asfalto comun, arenoso &c.
2.ª Nafta	Nafta.
3.ª Petroleo	Petroleo.
1.ª Turba	Turba, Dusodila.
2.ª Lignito	Lignito, Azabache, madera fósil &c.
3.ª Ulla	Ulla grasa, seca &c.
4.ª Antracita	Antracita compacta, laminar, terrosa &c.
5.ª Grafito y Diamante	Grafito comun, compacto, hojoso, Diamante.

Solo nos falta decir dos palabras acerca de la nomenclatura ó lenguaje empleado en la ciencia geognóstica. Por desgracia, esta parte de la clasificacion presenta la misma vaguedad é incertidumbre que la relativa á la especificacion; de modo que mientras en Zoología y Botánica la nomenclatura binaria, fundada en el nombre genérico y específico, da tanta exactitud á la caracterizacion de los tipos específicos, en Geología no solo carecemos de esta ventaja, sino que hasta nos falta un lenguaje claro y uniforme. Así unas veces las rocas llevan nombres vulgares de localidad, ó fundados en el simple aspecto de las sustancias que las componen, como *Lherzolita*, *Sienita*, *Nagelfluh*, *Trapp*, *Peperino*, *Maciño &c.:* otras se designan con nombres unívocos, como *Diorita*, *Serpentina*, *Hiperstenita &c.*: á veces expresan el estado físico ó la estructura de las rocas, como las *Areniscas*, las *Pizarras &c.;* añadiéndoles varios epítetos para designar sub-especies ó variedades.

En vista de esta confusion, algunos creen que lo mejor sería designar las rocas con el nombre de la sustancia ó sustancias que las componen, diciendo, por ejemplo, *roca de Cuarzo*, *Feldespato* y *Mica* en lugar de *Granito &c;* pero esto embarazaria demasiado las descripciones geológicas.

Siendo tan árduo y delicado introducir innovaciones en esta materia, al menos en el estado actual de la ciencia, lejos de querer alterar en nada lo universalmente recibido, adoptaremos este lenguaje, por defectuoso que sea, haciendo fervientes votos porque mejore tan importante ramo de la ciencia.

Artículo 4.°

Descripcion de las rocas mas comunes.

Vamos á entrar en la parte eminentemente útil y práctica de la ciencia, verdadero y principal objeto del Manual. Al describir cada roca en particular, no solo trataremos de asignarle aquellos caractéres que con mas seguridad y sencillez puedan conducir al lector á su exacto conocimiento, sino que correspondiendo á las miras del Gobierno, se hará una indicacion de los usos y principales aplicaciones á que pueden destinarse. Tres son las clases admitidas en el cuadro que precede; su establecimiento se funda, adoptando la doctrina de los geólogos mas eminentes, en la naturaleza de la causa que las ha producido, condicion de la mayor importancia, tanto por ser eminentemente geológica,

cuanto porque cada agente productor de las rocas imprime á estas un sello especial y característico, como veremos. Con efecto, examinando las grandes masas que constituyen la parte de costra sólida accesible á nuestros medios de investigacion, vemos que unas deben su orígen al estado incandescente del globo, por cuya razon se llaman *ígneas* ó *hipógenas*, que quiere decir originadas ó salidas de abajo: otras por el contrario, deben la existencia á causas y fenómenos exteriores caracterizados principalmente por la accion del agua, por cuya razon se llaman *neptúnicas*; por fin las hay que son producto de la accion orgánica, como las calizas de los arrecifes de coral, y los *combustibles* no metálicos que forman la tercera clase.

La subdivision de cada clase en órdenes y la de estos en géneros y especies, está fundada en principios peculiares á cada una, que daremos á conocer.

PRIMERA CLASE.

Rocas ígneas.

Caractéres.—Los caractéres de las rocas comprendidas en esta clase, son: 1.° El presentar una textura cristalina ó maciza sin verdadera estratificacion. 2.° El ser producto directo de la accion del interior incandescente del glóbo. Y 3.° El carecer completamente de restos orgánicos.

Division.—Esta clase se divide en tres órdenes, á saber: 1.° el de las rocas antiguas ó cristalinas, y graníticas por excelencia: 2.° el de las medias ó porfídicas; y 3.° el de las modernas ó volcánicas. La consideracion principal que preside á esta division es la edad relativa de las de cada grupo; circunstancia, que como veremos al tratar de cada uno de ellos en detalle, envuelve en sí otra porcion de accidentes que justifican plenamente su establecimiento.

PRIMER ÓRDEN.

Rocas ígneas antiguas, cristalinas ó graníticas.

A las rocas de este grupo se las llamó en otro tiempo *primitivas*, por creerlas hijas del primer enfriamiento del globo, y residentes en la base de la costra sólida: pero desde el momento en que la observacion atenta demostró que estas masas minerales no se limitan á formar los cimientos del globo, sino que recorren en su aparicion toda la série de los períodos geológicos, se vió la inexactitud de semejante expresion y la necesidad de sustituirla con otra mas propia. Desde entonces se las conoce con el nombre de rocas cristalinas ó graníticas.

Caractéres y division.—Admitiendo esta denominacion como la mas exacta, podemos decir que los caractéres que distinguen á las rocas de este órden, son, 1.° presentarse en masas inmensas en las cimas mas elevadas del globo y en las mayores profundidades: 2.° ofrecer una textura cristalina por lo comun: 3.° afectar la estructura en masa y raras veces ó casi nunca en estratificacion ó en capas: y 4.° carecer constantemente de restos orgánicos fósiles en su seno.

Este órden se subdivide á su vez en tres géneros representados el primero por el Granito tipo; el segundo por los Granitos abortados; y el tercero por los Granitos degenerados.

PRIMER GÉNERO.—*Granito.*

Especie única.—Granito tipo ó comun.

Sinonimia.—Leptinita, Granito-gneis, Granito-gráfico, Gneis, Pecmatita, Harmofanita, Petuntzé &c., en español *Piedra berroqueña.*

Definicion.—El Granito tipo es una roca de aspecto y textura esencialmente cristalina; de estructura en masa y algo granugienta, de donde procede el nombre que lleva; de colores variables, siendo el blanco gris y el rojizo que le comunica el Feldespato los mas comunes, compuesta de tres elementos esenciales, Cuarzo, Ortosa y Mica los que á pesar de su diferente fusibilidad, se encuentran entremezclados confusamente y no en capas como debian estar. Hecho curiosísimo que ha dado márgen á grandes controversias, y que no podia menos de apuntar, aunque la índole del Manual no me permita entrar en su explicacion. Además de estas sustancias esenciales, se encuentran otras que pueden considerarse como accidentales y accesorias, entre las que figuran el Topacio, la Esmeralda, la Turmalina, el Granate, el Hierro en diferentes combinaciones, el Estaño, el Oro, el Titano ó Rutilo, el Wolfram ó Tungsteno y otras que bastarian por sí solas á dar importancia al Granito bajo el punto de vista industrial.

Variedades.—Esta roca ofrece una multitud de variedades fundadas unas en su textura ó aspecto, y otras en su composicion accidental. Las principales son la *porfiróidea* que presenta cristales de Ortosa en su masa, *granugienta*, llamada Leptinita, comun en los Vosgos y Pirineos; *pizarrosa* ó Gneis, que algunos consideran como roca eruptiva, y otros como metamórfica; *laminar* ó *gráfica*, por otro nombre Pecmatita; *granular*, llamada tambien Granulito; *anfibolífera*, que establece el tránsito á la Sienita; *talcosa*, que pasa á la Protogina; *turmalinífera*, *granatífera*, *aurífera &c.*

Yacimiento y relaciones geognósticas.—El Granito se presenta en masas inmensas, constituyendo el eje mineralógico de las principales cordilleras del globo, como los Alpes, Pirineos, montañas de la Escandinavia y Sajonia, los Andes &c.; y tambien formando el centro de las comarcas mas notables por los trastornos y dislocaciones que determinó su propia aparicion. Otras veces afecta la forma de tifones, filones y grandes diques intercalados en masas de Granitos mas antiguos y de otras rocas así ígneas como de sedimento, observándose casi siempre que la textura de los diques es mas basta que la de las masas atravesadas, sobre todo si son de Granito, como se observa en los Vosgos, en Sajonia y en otros puntos.

Esta roca ha recorrido toda la escala geognóstica; encontrándose en Suecia, por ejemplo, debajo de los terrenos de sedimento mas antiguos, y en el terreno terciario en la isla de Elba. Se citan muchas localidades en las que se halla intercalado en los materiales de los períodos primario y secundario, con la particularidad de haber aislado completamente, á veces, fragmentos de las rocas de sedimento inmediatas que se ven engastadas en su masa; lo cual ha dado lugar con frecuencia á discusion, creyéndole en capas alternadas con los terrenos neptúnicos.

Localidades extranjeras.—Es tal la extension geográfica del Granito, que casi es escusado indicar las localidades en que se encuentra, al menos en el extranjero; limitándome á recordar que existe en muchos puntos de las cordilleras arriba mencionadas.

En la indicacion de las españolas me detendré mas, lo mismo en esta roca que en otras, tanto porque en una obra de esta índole debe darse la preferencia á todos los productos pátrios, cuanto por llenar este vacío que veo con bochorno, dicho sea de paso, en los tratados extranjeros.

Localidades españolas.—En España es muy comun el Granito en sus diferentes variedades; gran parte de los Pirineos en sus ramificaciones hasta Galicia; la Sierra carpentana, Sierra-morena y otras de menor importancia, puede decirse que son esencialmente graníticas.

En la luminosa *Memoria geológica* que publicó el Sr. Luxán, en las de la Academia de Ciencias en 1851, dió á conocer la importancia y desarrollo que esta roca tiene en las provincias de Badajoz, Sevilla, Toledo y Ciudad-Real, de cuya parte de la Península puede decirse forma el Granito la base.

En Trujillo llaman, segun este distinguido geólogo, *berruecos* á los

cantos de esta roca, y *berrocal* al punto en que abundan. La siguiente redondilla

Si fueres á Trujillo,
Por donde entrares,
Andarás una legua
De berrocales,

nos dá una idea de la profusion de cantos de esta piedra en los alrededores de dicho pueblo.

El Sr. Cortina, en su reciente traduccion del *Tratado de rocas* de Mr. Carlet, dice que el Granito se encuentra á legua y media de Piedrahita, y que se empleó en la construccion del palacio del duque de Alba: cerca de la Granja lo hay con Feldespato rojo y Galena diseminada: en Colmenar del Arroyo, Navalagamella, Somosierra y otros puntos de la cordillera carpentana parece establecer el tránsito á la Sienita; cerca de la Coruña y en Casas del Monte (Cáceres) dice que lo hay con Turmalinas, y en Ávila y Guadamur (Toledo) con Granates.

El pueblo de Villar de Plasencia, segun este geólogo, está fundado sobre una masa de Granito porfiróideo; la misma variedad se presenta cerca de Don Benito, Valdetorres y Mérida ofreciendo el Feldespato cristales de gran tamaño: tambien en Buitrago se observa esta variedad. El Sr. Schulz lo cita en Galicia, en Soárbol, cabo de Vares, Niñones, en Monte Pedroso cerca del Ferrol, en Guitriz, en S. Fiz de Paz, en la cordillera del Faro, en la cumbre de S. Mamed, en la Sierra del Pindo, en Porriño, y en una infinidad de otros puntos. El famoso criadero de Linares está encajado en el Granito.

En la Sierra carpentana, la descomposicion de esta roca determina accidentes muy curiosos, como puede observarse entre otros puntos, en las llamadas pedrizas de Manzanares, en las que por su forma particular, cada piedra lleva un nombre especial, como el marrano, la peña del yelmo &c., &c. (1).

La proporcion de sus elementos constitutivos nos puede ilustrar respecto á la edad relativa de esta roca interesantísima; observándose por regla general que su antigüedad la determina la abundancia del Cuarzo, mientras que el predominio del Feldespato revela su orígen reciente.

(1) La descomposicion de las rocas, ya indicamos comunica á las montañas formas diferentes, segun su naturaleza. Pero lo verdaderamente admirable, es la riqueza de nuestro idioma para representar estas formas, como se ve en la adjunta lista publicada por Humboldt en los Cuadros de la naturaleza: pico, picacho, risco, mogote, cucurucho, espigon, loma tendida, mesa, panecillo, farallon, tablon, peña, peñon, peñasco, peñolería, roca partida, laxa, cerro, sierra, serranía, cordillera, monte, montaña, monteluaña, cadena de montes, los altos, malpaís, reventazon, bufa &c.

Tambien se nota otra coincidencia muy curiosa entre la edad del Granito y el número de los minerales que se presentan en él accidentalmente; pudiendo establecer por principio que cuanto mas antiguo, tanto mas rico es en minerales. Esto se ve confirmado de un modo evidente en la práctica, comparando el Granito de Suecia, uno de los mas antiguos del globo, acompañado de un numeroso y variado cortejo mineral con el de la isla de Elba, el mas moderno tal vez, al menos en Europa, y en el que apenas se encuentran mas de dos sustancias, que son la Turmalina y alguna Esmeralda.

El Granito debe su dureza al Cuarzo y Feldespato, y la tenacidad á la Mica; la solidez y resistencia dependen principalmente del volúmen de cada uno de sus elementos y de su textura particular. En general, cuanto mas reducido es el tamaño de sus tres sustancias esenciales, circunstancia que apreciamos por el grano fino de la roca; cuanto mas íntima la trabazon que los une, tanto mayor es la dureza y su resistencia á la accion destructora de los agentes exteriores. Esta es una de las nociones mas importantes é indispensables en la eleccion de esta piedra, segun los usos á que el hombre la destina.

Aplicaciones.—El Granito es entre las rocas pétreas una de las mas útiles, teniendo que admirar la sábia prevision del Creador al repartirlo con tanta profusion en el globo. Las aplicaciones de esta roca no se limitan á su estado intacto; sus detritus, producto de la descomposicion, ofrecen tambien al hombre materias sumamente útiles á la Agricultura é Industria.

En estado de integridad el Granito puede reputarse como piedra verdaderamente monumental, no solo en razon á su resistencia á la accion destructora del tiempo y al hermoso pulimento que recibe, sino tambien porque siendo su estructura en masa ó unida, sin estratos ni hendiduras, es claro que pueden sacarse de él pedazos enormes. Tal es el que sirvió de pretexto á los siguientes versos, refiriéndose á las estátuas de San Lorenzo y los reyes que adornan la fachada interior del Monasterio del Escorial

Seis reyes y un santo
Salieron de este canto
Y aun quedó para otro tanto (1).

(1) Sirva esto de ejemplo para los que admiten tal como suena la palabra francesa *Bloque* por creer que en razon al tamaño no representa la voz castiza canto lo que los franceses explican con la suya. A falta de esta tenemos, por fortuna, las de cancho, peña, peñasco, berrueco, masa y otras.

Pero no se crea que todos los Granitos son buenos para la construccion, sobre todo si ha de ser monumental. Se necesita no olvidar que la resistencia de esta roca depende del tamaño de sus elementos, de su proporcion respectiva y de la estructura que ofrece. Por no haber tenido esto presente (cosa perdonable en aquella época), no se hizo la conveniente eleccion del que habia de servir para levantar la octava maravilla del mundo, el Real Monasterio del Escorial, por cuya razon muchas columnas, y en particular las que sostienen los arcos de los jardines se ven tan desmoronadas, que el dia menos pensado se vienen abajo. El mismo defecto se nota, por desgracia, en el Granito para el empedrado de adoquines de la córte; y á fe que el estado de ciertas calles confirma plenamente la exactitud de estas observaciones, notándose que la piedra se deshace en muy poco tiempo bajo la influencia de todos los agentes naturales, auxiliada del roce contínuo de transeuntes y carruajes. Hay que abandonar este sistema, ya que por fortuna tenemos tanta abundancia de Pedernal.

Como esta materia es de gran trascendencia, conviene dilucidarla por completo. Al hablar de la descomposicion de las rocas se dijo terminantemente que en las silicio-feldespáticas, á las cuales pertenece el Granito, el elemento que sufre mas directamente la accion de los agentes exteriores, y el que mas pronto cede á ella es el Feldespato; habiendo indicado tambien el número y naturaleza de las reacciones que en esta operacion se verifican. De aquí se infiere fácilmente, que para que el Granito sea bueno para construcciones y empedrados, no basta que se presente de textura compacta, uniforme y pequeño el tamaño de sus elementos; se necesita además que sea muy rico en Sílice y Mica, sustancias mas resistentes, y pobre en Feldespato, que es la que contribuye con su descomposicion al desmoronamiento de toda la masa.

Con tales condiciones el Granito sirve como piedra de construccion comun y monumental; para el empedrado y hasta como piedra de adorno, especialmente la variedad sonrosada ó de color de carne por la hermosura y brillo que le comunica el pulimento. Es la piedra de que se han valido los pueblos de la antigüedad, y de la que deben echar mano los modernos para perpetuar los fastos mas notables de su historia; pues sobre todas las ventajas ya enunciadas, reune la de no escitar la codicia de los conquistadores atendido su escaso valor intrínseco.

Entre los monumentos mas célebres construidos con esta piedra, deben citarse las torres de la famosa muralla de la China; los sorprendentes obeliscos, las estátuas, esfinges y monolitos de los egipcios; á

pesar de que muchos son de otra roca de la familia de los granitos llamada Sienita; y en España el famoso y nunca bastante bien ponderado Monasterio y Palacio del Escorial, obra debida al celo piadoso de Felipe II, y al talento de Herrera.

Prescindiendo de la indicacion de los medios que se emplean para la extraccion de las masas de esta piedra, pues esto corresponde á tratados especiales, deberian ahora indicarse las aplicaciones numerosas que pueden hacerse del Granito en estado de descomposicion, es decir, en el de Kaolin, Arena, Grava y Arcilla; pero como cada una de estas sustancias hallará su descripcion especial en artículos separados dejamos para entonces el tratar de sus usos particulares.

Al hablar de los terrenos cristalinos se indicarán igualmente otras utilidades prácticas de esta roca relativas á los criaderos de diversos metales propios del terreno que forma; al carácter orográfico que le imprime este elemento geognóstico y al sello peculiar de la vegetacion, fundado en la naturaleza de la roca y en los accidentes que la caracterizan.

El Granito es el tipo de un grupo de rocas que aunque enlazadas todas con él por la analogía de su orígen y por las relaciones geognósticas, no siempre ofrecen una misma composicion y aspecto, presentándose ora como Granitos abortados por faltarles alguno de sus principios constitutivos; ora degenerados, pues que hay en ellas sustitucion de uno ó mas de sus elementos esenciales. Esta consideracion ha servido para su division en los dos géneros que vamos á describir.

SEGUNDO GÉNERO.—*Granitos abortados.*

Damos el nombre de Granitos abortados ó imperfectos no á una especie, sino mas bien á un grupo de especies todas enlazadas mas ó menos íntimamente con el Granito tipo y del cual puede decirse que son su estado imperfecto, faltándoles ya uno de los elementos que generalmente es la Mica como se ve en la Pecmatita; ya dos, recibiendo los nombres de Petrosilex ó de Cuarzo eruptivo las rocas que resultan segun que es el Feldespato ó el Cuarzo en masa el que subsiste. Aunque en rigor este grupo es artificial, lo conservamos, sin embargo, tanto por la importancia de la primera de estas rocas, cuanto por adoptar la idea del Sr. Durocher, segun el cual, el Petrosilex contiene, aunque en estado de magma, todos los elementos del Granito que no han podido desarrollarse; mientras que el Cuarzo eruptivo puede considerarse como la parte silícea excedente de la formacion de estas rocas.

Primera especie.—Pecmatita.

Sinonimia.—Pecmatita comun y gráfica, Granito gráfico &c.

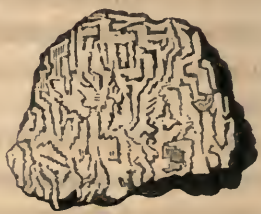
Definicion.—La *Pecmatita* es un Granito compuesto casi exclusivamente de Ortosa y alguna parte de Cuarzo; de estructura por lo comun granosa y laminar; de colores generalmente claros, siendo el blanco gris y el sonrosado los mas frecuentes. El gran predominio del Feldespato le comunica el carácter de poca resistencia á la accion de los agentes exteriores que en poco tiempo la convierten en un excelente Kaolin ó tierra de porcelana.

Yacimiento y variedades.—La Pecmatita se presenta en grande en forma de tifones ó en masas considerables intercaladas; y ofrece dos variedades, curiosa la una, importante la otra. La primera es la llamada *gráfica*, en la que los cristales de Cuarzo se presentan enclavados en el Feldespato y dispuestos de tal modo, que la seccion trasversal presenta el aspecto de inscripciones hebráicas ó de otros caractéres orientales, circunstancia á la que debe el nombre que lleva y que ponen de manifiesto las figuras adjuntas.

Figura 43.

Corte paralelo á la direccion de las láminas.

Figura 44.



Seccion trasversal de las mismas.

Aplicaciones.—Objeto curioso en las colecciones de estudio, la Pecmatita gráfica se emplea tambien como piedra de adorno tallándola en placas y pulimentándola, á lo que se presta con facilidad.

La otra Pecmatita es la llamada Petuntzé, nombre de orígen chino que se aplica á la roca compuesta casi exclusivamente de Feldespato con algunos granos de Cuarzo diseminados en su masa; esto hace que sea la variedad mas susceptible de descomponerse y de suministrar el mejor y mas abundante Kaolin. En el artículo Arcillas, se dará á conocer esta tierra de porcelana y sus útiles aplicaciones, bastando indicar

por ahora, que esta variedad de Pecmatita es la que de preferencia se destina á preparar el barniz para cubrir la porcelana.

Localidades extranjeras.—En Francia se encuentra la Pecmatita en los Pirineos: en Saint-Irieix cerca de Limoges: en los alrededores de Autun: en la Isla de Elba en Toscana: en los montes Urales y Estados-Unidos.

Localidades españolas.—En la Península es bastante comun observándose en Galápagos, Valdemorillo, Sargadelos, y tambien, segun el señor La Cortina, al S. de Navalagamella, Avila, Piedrahita, en la Sierra del Torno y cerca de Plasencia, en donde es granular y excelente para Kaolin. El Sr. Ezquerra dice haber encontrado la variedad gráfica en Almendralejo (Extremadura); si bien puede ponerse en duda que sea esta variedad á juzgar por la descripcion que da.

Segunda especie.—Petrosilex.

Sinonimia.—Petrosilex comun, pizarroso &c., Eurita, Euritina, Ortofido petrosilíceo &c.

Definicion.—El *Petrosilex* es una roca adelógena compuesta, al parecer, de Feldespato compacto mezclado á veces con otras sustancias accesorias, entre las cuales figuran en primera línea la Mica, el Cuarzo, la Turmalina y el Anfibol. Su textura es compacta y granugienta y la estructura con frecuencia pizarrosa; de colores variables entre el gris, verdoso, negruzco y á veces rojizo; al soplete es fusible dando un esmalte blanco.

La variada composicion de esta roca y la analogía de sus elementos componentes con los constitutivos del Granito ha hecho que algunos, como Durocher, la consideren como un Granito en el que sus elementos no habiendo podido desarrollarse convenientemente han permanecido en estado de magma. Atendida por otra parte su naturaleza feldespática, algunos la consideran como un Ortófido abortado como lo hace Coquand en su excelente tratado de rocas. Algunas veces se destacan de su masa cristales de Feldespato, de Cuarzo, Anfibol ó de otras sustancias y constituye verdaderos Pórfidos: cuando su textura es compacta ó granugienta da lugar á las Euritas que se presentan de estructura maciza y á veces pizarrosa. De cualquier modo que se considere esta roca, siempre se distinguirá por su extremada dureza pues no se deja rayar por la navaja; por sus colores y por el aspecto astilloso muy característico en ella.

Yacimiento.—El Petrosilex con sus variadas modificaciones se pre-

senta en tifones ó diques, en bolsadas y filones y alguna vez afectando cierta especie de estratificacion, relacionado mas ó menos íntimamente con los Granitos y Pórfidos, en los terrenos antiguos.

Localidades extranjeras.—Esta roca se encuentra en Pont de Guran y Aragnonet (Pirineos): en la Bresse (Vosgos): entre Nantes y Angers en las orillas del Loira: en Confolens (Charente): en Procchio, Portoferrajo y Monte Albero (Isla de Elba): en Sables de Olonne (Córcega) y en otros puntos.

Localidades españolas.—El Petrosilex como base de la Eurita se halla bien caracterizado, segun La Cortina, en Casas de Nava del Rey: en el valle de Ambles y laderas del rio Adaja (Avila): en Navahermosa (Toledo); el Sr. Schulz, en su memoria geognóstica de Galicia cita la Eurita en Fazoûro, en la costa de Ribadeo, cerca de Lugo y en otros puntos.

Aplicaciones.—Las aplicaciones de esta roca son muy reducidas en atencion á la dificultad que ofrece á dejarse tallar. Solo cuando afecta la textura aporfidada se destina á objetos de lujo y ornato, que siempre son muy costosos por la razon indicada. A veces suele destinarse alguna de sus variedades como piedra de construccion, para la cual presenta la ventaja de resistir mucho á los agentes exteriores en atencion á la textura compacta y al estado de magma con que suelen presentarse sus elementos. En las colecciones es objeto de mucho estudio y aun lo es mas en su propio criadero por los tránsitos tan curiosos que ofrece, ora á los Granitos, ora á los Pórfidos y rocas euríticas en general.

Tercera especie.—Cuarzo eruptivo.

Definicion.—El *Cuarzo eruptivo*, que conviene distinguir de la Cuarcita, pues su procedencia es diversa si bien al exterior se confunden por la analogía de sus caractéres, es una roca compuesta de Cuarzo de textura cristalina ó compacta y de aspecto incoloro ó lechoso. Esta roca ofrece algunas variedades por su textura como el *amorfo*, *bacilar* y *brechiforme;* y por las sustancias que accidentalmente lleva, como Turmalina, Mica y varios metales.

Yacimiento.—El Cuarzo eruptivo forma parte del terreno granítico: se presenta en tifones y diques en el Granito mismo, y en los Gneis, Pizarras micáceas y otras cristalinas, acompañando generalmente y aun sirviendo de ganga á muchos metales como el Oro, el Antimonio y otros. La Cuarcita debe considerarse mas bien como una arenisca metamórfica.

Esta roca es muy comun así en la Península como en el extranjero; pero lo reducidas de sus aplicaciones, por efecto de su extremada dureza, me dispensa de citarlas.

Conocidos el Granito tipo y los abortados, estamos ya en el caso de estudiar aquellos que por efecto de la sustitucion de alguno de sus elementos constituyen el

TERCER GÉNERO.—*Granitos degenerados.*

Primera especie.—Sienita.

Sinonimia —Granito anfibólico, Granitelo, Granitino, &c.

Definicion.—Así como el nombre de Sienita que se da comunmente á esta roca, nos indica su procedencia primera de Siena en Egipto; así el de Granito anfibólico nos revela su composicion que no es sino la de un Granito en el que uno de sus elementos, que casi siempre suele ser la Mica, ha desaparecido para ser reemplazado por el Anfibol; circunstancia que modifica algun tanto sus caractéres. El tránsito del Granito á la Sienita y viceversa se verifica, por regla general, de una manera tan lenta é insensible que llega un punto en el que equilibrada la cantidad de Mica con la de Anfibol, se hace imposible decidir á cual de las dos especies tipos pertenece. Lo mismo puede asegurarse sucede en el tránsito del Granito á la Protogina y demas rocas ígneas.

Los elementos esenciales de la Sienita son, de consiguiente, el Ortosa laminar, el Cuarzo y el Anfibol; á los que accidentalmente suelen agregarse el Cuarzo en pequeños cristales, la Mica, el Zircon, la Dialaga, la Hiperstena, el Titano y otros.

En la Sienita el Feldespato suele ser con mucha frecuencia de color rojizo que contrasta agradablemente con el negro del Anfibol y con el de la Mica, cuando existe, predominando casi siempre aquel. A veces el Feldespato va disminuyendo, y entonces la roca toma un color negruzco haciéndose al propio tiempo bastante pesada, verdadero indicio de su tránsito á la Anfibolita ó roca de Anfibol.

Variedades.—La Sienita ofrece una porcion de variedades, unas dependientes de su textura como la *granitóidea; aporfidada* con cristales de Ortosa; *pizarrosa* á la manera del Gneis &c.; y otras de las sustancias accesorias que se presentan en su masa como la *oligoclásica, micácea, zircónica &c.*

Yacimiento.—Por efecto del tránsito insensible del Granito á la Sie-

nita la historia y particularidades del yacimiento de esta se confunden con las de aquel, como dice Coquand, y no hay por qué repetirlas. Solo hay que indicar que segun Debuch las de la Noruega que ofrecen la particularidad de llevar mucho Zircon se encuentran sobre Pizarras arcillosas del terreno silurio, mientras, segun el mismo geólogo, las del Tirol meridional pertenecen á la época triásica.

Localidades extranjeras.—La Sienita en tiempo de los romanos y aun en épocas posteriores solo se conocia procedente del alto Egipto, de donde sacaron esos monumentos sorprendentes que admira todavía la humanidad; pero así que empezó á generalizarse el gusto por la ciencia se la encontró en otros puntos en Africa y en muchos de Europa, siendo hoy una roca bastante comun. La variedad granitóidea se encuentra en Plauen, (Sajonia): en Rechberg: en el Harz: en Córcega: en los Vosgos: en Confolens y en Méjico; la porfiróidea en Giromagny, en Santa María de las Minas (Vosgos): en varios puntos de los Alpes del Tirol y Suiza: en Hungría: la zircónica en Friedrichwern y Lauring en Noruega; la micácea en algunas localidades de los Alpes suizos y en Chateau Lambert, en el Valle del Mosela (Francia).

Localidades españolas.—En España tambien se encuentra en varias localidades; segun el ilustre Thalaker, existe en Huercal (Granada) y á dos leguas de Almaden. El Sr. Ezquerra la encontró en los pueblos de Zufre, Santa Olalla y Real de la Jara (provincia de Sevilla, lindando con la de Huelva), y supone ser la causa del levantamiento de la Sierra de Aroches. Segun Rojas Clemente se encuentra desde Cobdar á Fahal y cerca de la Alcudia (Granada): entre Turquena y Arboledas; en el primer punto formando un escarpe alto mas de cien varas; en los alrededores de Monjúcar se halla descompuesta dando una tierra vegetal negra excelente. El Sr. Schulz dice encontrarse el Sienito, como él lo llama, aporfidado en Puente de San Fiz, cerca de Orense; el granatífero en Bodoin en la Capelada, y otra variedad en Pezobres (Galicia); segun el mismo se ve en Asturias, en Salime y Pola de Allande. El Sr. Luxán dice que se puede observar en el Castillo de Guardias (Extremadura) dirigiéndose hácia el criadero de Riotinto asociada de las Dioritas; Coquand cita la variedad pizarrosa en Ceuta; por último, en las observaciones geognósticas que sobre la isla de Cuba publicó en 1854 el Sr. Cia, dice que el pueblo de Holguin está situado sobre Sienita.

Aplicaciones.—La circunstancia de contener poca Mica facilita el pulimento; y la dificultad que presenta el Feldespato á la descomposicion

por efecto de su estado molecular, hace que esta piedra sea, cuando los gastos de trasporte no son excesivos, preferible al Granito para los objetos de adorno y construcciones monumentales; siendo la piedra de que se sirvieron los antiguos para legarnos con fausto y ostentacion los mas remotos acontecimientos históricos. Con efecto, solo Roma posee once inmensos obeliscos egipcios, que desafiando al tiempo se conservan tan intactos como el dia que salieron de las canteras, llenos de geroglíficos, representando hechos de la mas remota antigüedad (1); el de Lugsor que se conserva en Paris; una multitud que existen en Egipto y en otros puntos, y un gran número de esfinges y monolitos colosales, todos han sido elaborados con esta roca procedente de Siena en la Tebaida (alto Egipto). En los Alpes existe mucha Sienita con sus tránsitos á la Anfibolita, y se emplea como excelente piedra de construccion. El pedestal de la estátua de Pedro el Grande, en San Petersburgo, es un canto errático de Sienita del enorme peso de 800,000 kilógramos, hallado á nueve leguas de dicha capital. Tambien suele tallarse en placas de muy buen efecto por el pulimento que admite, destinándolas á diferentes usos.

Segunda especie.—Protogina.

Sinonimia.—Protogina, Granito talcoso, Pizarra talcoso-feldespática &c.

La segunda especie de Granito degenerado es la Protogina llamada así por el célebre ginebrino Saussure, por haber creido, equivocadamente, que Montblanc, compuesto exclusivamente de esta roca, siendo la montaña mas alta de Europa, era igualmente la mas antigua; pues el nombre de Protogina derivado de protos y genos, significa la primera engendrada. Hoy dia se sabe que esta montaña es una de las mas modernas del globo, y en consecuencia debió haberse cambiado el nombre á la roca: pero tanto por no hacer innovaciones, como por respeto á la memoria del gran físico que la bautizó se ha conservado en la ciencia.

Definicion.—La Protogina es un Granito en el que la Mica en su totalidad ó en parte, ha sido reemplazada por el Talco; razon por la cual muchos autores la designan con el nombre de Granito talcoso ó serpentínico, pues muchas veces la Serpentina desempeña en ella un

(1) Para formarse una idea de lo colosal de estos obeliscos bastará citar el de la plaza de San Juan de Letran que tiene 148 piés de altura, 15,383 piés cúbicos de materia y su peso es de 1,322,938 libras.

papel muy principal. Algunas veces este Granito pasa insensiblemente á una roca talcosa ó serpentínica por el predominio que adquieren estos elementos, reduciéndose casi á la nulidad el Feldespato y el Cuarzo. En todos los paises en que abunda la Protogina, como por ejemplo en los Alpes, se nota este tránsito, así como el de esta roca granitóidea á la Pegmatita y al Petrosilex. Además de estos elementos esenciales la Protogina suele ofrecer otros que son accidentales ó accesorios; debiendo mencionar entre otros los Granates, la Pinita, el Rutilo, Piritas, Molibdeno y á veces la Mica.

Los caractéres físicos de esta roca son casi los mismos que los asignados al Granito, con la diferencia de ser de tacto mas suave, característico del Talco y la Serpentina. El color por lo comun del Feldespato suele ser blanco y á veces rojizo, lo cual forma un bello contraste con el verde del Talco y la Serpentina.

Variedades.—La Protogina se presenta *granitóidea*, *aporfidada*, *pizarrosa*, *micácea*, y *oligoclasífera*, constituyendo otras tantas variedades importantes.

Yacimiento.—En cuanto al modo de ser geognóstico de esta roca puede decirse que se presenta en grandes masas (Montblanc); en capas afectando una especie de estratificacion, y tambien en diques, atravesando hasta los terrenos jurásicos y cretáceos inclusives.

Localidades extranjeras.—La Protogina granitóidea se encuentra en Scharfenberg (Sajonia): en el Hartz: en varios puntos de los Pirineos: en Niolo y Bocognano (Córcega): en Cambo (Bayona): en Nantes y otras localidades: la aporfidada en la Tarantesia (Alpes): en Rostonica (Córcega) &c.: la pizarrosa en Oisans y en los Alpes de San Gotardo; la de Montblanc es oligoclasífera y micácea como he tenido ocasion de ver.

Localidades españolas.—Esta roca abunda en España en casi todas las regiones graníticas: encuéntrase en Somosierra y Guadarrama: en la Coruña y Ferrol, segun La Cortina, y tambien en Avila, en Toledo y otros puntos.

Aplicaciones.—Las aplicaciones de esta roca casi son las mismas que las del Granito; pero hay que tener en cuenta su fácil descomposicion por razon del predominio que en ella tiene en general el Feldespato. Por lo demas, cuando se sabe escoger de un grano fino y bien compacta es una excelente piedra de construccion muy dura y resistente; y tambien puede emplearse tallada y pulimentada como objeto de adorno en construcciones de lujo haciendo buen efecto el juego de colores blanco ó rojizo y verde que presenta la roca.

SEGUNDO ÓRDEN.

Rocas ígneas medias ó porfídicas.

Las rocas de este órden se llaman medias por su edad y posicion geognóstica entre el terreno granítico y volcánico; y porfídicas por la frecuencia con que se presentan formadas de una pasta uniforme salpicada de cristales de la misma ó de naturaleza distinta, que es la verdadera acepcion de la palabra Pórfido. Tambien suelen llamarse básicas por el gran desarrollo que en ellas adquieren las bases que se combinan con el ácido silícico, entre las cuales figura la Magnesia en primera línea y tambien el agua, aunque esta no siempre desempeña el papel de base. Estas rocas se distinguen de las volcánicas, que tambien si se quiere son básicas, por carecer de la textura excoriácea ó esponjosa; por la gran cantidad de agua de combinacion que contienen y el predominio que en ellas adquiere la Magnesia y el Feldespato labrador. De las graníticas que acabamos de describir, se diferencian tambien por la escasez del Cuarzo ó Sílice que es el elemento que predomina en aquellas; por su textura menos cristalina y mas compacta, y por las relaciones geognósticas. Colocadas entre las cristalinas y las volcánicas, puede decirse que representan el lazo que une á estos términos extremos de la série plutónica.

Las rocas de este órden se dividen en dos géneros, á saber: el de las feldespáticas por ser este mineral la base de su composicion, llamadas tambien por excelencia porfídicas por ser las que con mas frecuencia afectan dicha textura; y el de las magnésicas por ser la Magnesia la base dominante.

PRIMER GÉNERO.—*Rocas porfídico-feldespáticas.*

Etimología y definicion.—En este género se comprenden los Pórfidos propiamente dichos. La palabra Pórfido derivada del griego porphyra (púrpura) se aplicó primero á una piedra roja salpicada de manchitas blancas ó cristales engastados en su masa. Despues, por un abuso de lenguaje, se hizo extensiva esta palabra á una porcion de piedras que tienen alguna semejanza en cuanto á su composicion y textura, pero no respecto al color pues los hay verdes, negros, grises &c. De todos modos, aceptando la palabra mas bien por su antigüedad que por la

exactitud de su etimología, se aplica á un grupo de rocas mistas de pasta adelógena de Feldespato ó Petrosilex, y de alguna otra sustancia, de la cual se destacan una porcion de cristales por lo comun de Feldespato, y algunas veces de Cuarzo ó de otras especies que le imprimen un aspecto muy grato á la vista como se observa en esta

Figura 45.

en que la base es de Hornblenda y Feldespato y los cristales de esta última especie.

Caractéres.—Son rocas muy duras y tenaces, de textura compacta, á veces celular y porosa; bastante resistentes á la accion del tiempo; difíciles en extremo de labrar, pero admiten un hermoso pulimento; por cuya razon y la belleza de sus tintas, son muy apreciadas en el comercio.

Riqueza mineral de los Pórfidos.—La riqueza en metales y piedras finas que ofrecen los Pórfidos es otro de sus caractéres distintivos. En confirmacion de esto podemos decir que la mayor parte de los criaderos de Oro de la América del Sur, los de Cobre de Chessy cerca de Lion (Francia), muchos de los de Hierro, Plomo &c., se encuentran en estas rocas.

Yacimiento.—Generalmente se presentan en grandes masas y tambien en bolsadas, filones ó diques atravesando el Granito y otras rocas cristalinas y de sedimento. Muchos son, á no dudarlo, anteriores en su aparicion á la piedra berroqueña; siendo comunes en los terrenos silurio, devonio y carbonífero; todos llevan en su textura y composicion señales evidentes de la fusion ígnea á que deben su orígen.

Por lo comun, la forma mas ó menos cónica es la característica de las montañas porfídicas; sea que la roca esté intacta ó en descomposicion. Los valles de las montañas porfídicas suelen empezar por un circo.

Descomposicion.—La descomposicion bastante comun de los Pórfidos da por resultado una tierra vegetal, que no es por cierto muy fértil y poco á propósito para los cereales; sin embargo, en las regiones altas los bosques crecen con lozanía; y en razon á la mucha Arcilla que dan en su desgaste, las partes bajas de los valles son muy buenas para praderas. Los abonos calizos mejoran considerablemente las calidades de esta tierra vegetal, haciéndose bastante feraz.

Adoptando en esta materia las ideas del ilustre geólogo de Besanzon Sr. Coquand, dividimos los Pórfidos en cuatro especies, cuyos nombres unívocos revelan á primera vista el elemento que en su composicion predomina.

Primera especie.—Ortófido.

Sinonimia.—Petrosilex y *Eurita* de algunos autores; *Pórfido*, *Porfido rojo antiguo*, *Arcillófido*, *Piromerido*, *Mineta*, *Thonporphyre*, *Pechstein*, *Arcillolito*, *Fraidonita*, *Kersanton*, *Pórfido resinita*, *Resinita* &c.

Definicion.—Roca compuesta esencialmente de una pasta compacta de Ortosa (Petrosilex), con cristales engastados generalmente tambien del mismo Feldespato.

Variedades.—Este Pórfido ofrece una porcion de variedades fundadas en la textura y en las sustancias accesorias que suelen presentarse en su masa. Se llama *granitóideo* al que contiene cristales diseminados de Ortosa, Mica y Cuarzo, estableciendo el tránsito á muchos Granitos; *amigdalóideo* al que encierra nódulos de carbonato de Cal; *globular* llamado por otro nombre *Piromerido*, cuando el Feldespato en vez de estar cristalizado, se presenta en glóbulos esferoidales generalmente radiados; *brechiforme* cuando se hallan engastados en su pasta fragmentos angulosos de otras rocas; *Retinita* cuando su masa es de aspecto vítreo análogo al de la Resina ó Vidrio, tambien suele presentar cristales de Feldespato; *cuarcífero* cuando lleva cristales de Cuarzo; *oligoclasífero* al que pertenecen gran parte de los Pórfidos rojos antiguos, el que contiene cristales de Ortosa y Oligoclasa; *micáceo* llamado *Minetta* y *Fraidonita; anfibolífero* ó *Kersanton* &c. cuando contienen Mica ó Anfibol; *arcillofido* resultado casi siempre de la descomposicion del Pórfido tipo.

Yacimiento.—Los Ortófidos son posteriores á los Granitos antiguos, con los cuales están íntimamente enlazados por la analogía de su composicion respectiva, estableciendo el tránsito los de textura granitóidea. Aunque su mayor desarrollo se nota en los terrenos silurio, devonio,

carbonífero y triásico, sin embargo, remontan en la série geognóstica hasta los terciarios medios, como se observa en Toscana y en la isla de Elba.

Historia.—Prescindiendo de las demas variedades, y fijándonos en las que constituyen el Pórfido rojo antiguo, por ser el que en todas épocas ha llamado la atencion, podemos decir, que no solo es el mas antiguo en el órden cronológico, sino tambien el primero que se destinó á objetos y construcciones monumentales, siendo una de las piedras con las que nos ha legado la antigüedad sus sorprendentes grandezas. Sin embargo, parece bastante probable que los egipcios no se sirvieron de ella, supuesto que entre sus infinitos monumentos no se ha encontrado hasta ahora ninguno elaborado con este Pórfido. Los primeros que emplearon esta piedra fueron los romanos; habiéndose generalizado su uso en el reinado del emperador Cláudio: conservóse el gusto por ella en Italia hasta el siglo XVI en tiempo de los Médicis.

Los monumentos mas famosos que hoy dia se conocen de este Pórfido son, en la rotonda del museo de escultura del Vaticano, la fuente ó baño que tiene mas de 20 piés de diámetro; los sepulcros de Santa Elena y Constancia; la urna cineraria de Agripa, que hoy contiene los restos de Leon XII en San Juan de Letran, y una porcion de columnas de una sola pieza, estátuas y bustos existentes en Roma; la fuente bautismal de Metz, y por último los baños, estátuas y demas objetos curiosos que forman el mas bello adorno de la mayor parte de los museos de Europa, entre los cuales debe citarse la preciosa coleccion de bustos de emperadores romanos que hacen resaltar la grandeza del suntuoso salon del trono en el palacio de Madrid.

Localidades extranjeras.—Antes del año 1823 solo se sabia por indicaciones vagas de Plinio y otros autores, que esta piedra, bajo tantos conceptos preciosa, la extraian los romanos del alto Egipto. Pero en el indicado año, dos intrépidos ingleses, los Sres. Burson y Wilkinson, recorriendo con un objeto científico, y tal vez industrial, este país tan interesante, encontraron las excavaciones hechas por los antiguos en el grupo de montañas llamadas *Porphirites mons* por el geógrafo Strabon, conocidas con el nombre de Djebel-Dokhan, que quiere decir *montañas del humo del tabaco*, cerca de la antigua Licópolis á 25 millas del mar Rojo, y á 120 de Lyont.

Aunque hasta hoy puede asegurarse no haber encontrado fuera de Egipto el verdadero Pórfido rojo antiguo, no sucede así con las otras variedades del Ortófido, y aun del rojo, si bien no tan precioso, pues

se cita en muchos puntos de los Alpes de la Saboya y Suiza: en los Vosgos en Gresson, Rochesson y otros: en la isla de Elba, en la Pila y Rada de Enfola: en Planitz y Meissen (Sajonia): en Montecatini y Campiglia (Toscana): en Chelsea, cerca de Boston: en Elfdalen, en Suecia, y en mil otros puntos.

Localidades españolas.—En la Península esta roca no es comun; sin embargo, el Sr. Maestre asegura haberlo encontrado en Riotinto, no lejos del Berrocal; el mismo geólogo dice existir en varios puntos de Cataluña, y principalmente en las inmediaciones de Camprodon, en el Mas de Camps y en Cabellera un Pórfido rosáceo parecido al rojo antiguo. Tambien se encuentra uno análogo entre la rambla de Muley y el rio Almanzora, segun Rojas Clemente, notable por sus grandes cristales de Feldespato. El Sr. La Cortina dice que este Pórfido, con otros, se encuentra en Orihuela del Tremedal, formando las crestas de Peñas-agudas; tambien lo indica el mismo en Belmez, Espiel y Zalamea, así como el Sr. Schulz dice existir en Fuente Santa, Irrondo y otros puntos de Asturias.

Antes de pasar á describir la segunda especie del grupo, séame permitido decir dos palabras acerca de una variedad curiosa é importante del Ortófido, ó sea del arcilloso ó Arcillófido. Este Pórfido casi siempre es el resultado de la alteracion de la especie tipo, y tambien de su variedad petrosilícea ó eurítica, en cuyo último caso recibe el nombre de *Arcillólita*. Algunas veces, sin embargo, puede considerarse como verdadera roca metamórfica, á cuya seccion debíamos referirla, por cuanto, habiendo sufrido despues de la descomposicion la influencia de otros productos ígneos, ha reconquistado cierta consistencia, aunque nunca tanta como el verdadero Ortófido tipo.

Excusado es decir que el yacimiento y relaciones de estas variedades son las mismas que las de aquel; y en cuanto á localidades, se encuentra en Limoges, en Esterel, en Chemnitz y en Campigliese (Toscana): en España existe en el distrito de Almazarron, en donde es roca metamórfica enlazada con las Porcelanitas; el Sr. Schulz lo cita en Asturias, en Cangas de Tineo, en el puerto de Leitariegos y en Trones, perteneciente al terreno silurio.

Segunda especie.—Albitófido.

Sinonimia.—Mansdeltein, Trapp (1) de los autores, *Amigdalóida, Wacka,*

(1) Fournet cree inoportuno conservar este nombre.

Toadstone, *Espilita*, *Variolita*, *Piromérida*, *Eisenstein*, *Meláfidos* ó *Pórfidos negros* en parte.

Definicion.—Roca compuesta esencialmente de Feldespato Albita con cristales del mismo engastados en la masa, y nódulos calizos y geodas de Cuarzo ó Calcedonia por elementos accesorios.

Variedades.—Este Pórfido presenta algunas variedades, hijas, como en los anteriores, de la diferente textura, y de las sustancias que accidentalmente se encuentran en su masa. Las hay *amigdalóideas* y *vacuolares* cuando ofrecen nódulos ó geodas calizas mas ó menos regulares; *globulares* (1), llamadas *Variolita* y *Piromérida*, cuando los glóbulos esferoidales que presenta son de Albita; *terrosas*, conocidas tambien con el nombre de *Wacka*, resultado de la descomposicion de las demas variedades de esta roca; *brechiformes* cuando se encuentran engastados en su pasta fragmentos angulosos de Albitófido y de otras rocas; *calcedónica*, *cuarcífera*, *caliza* ó *Espilita*, y otras.

Al trazar la historia de la especie siguiente veremos repetidas entre sus variedades de textura las mismas que acabamos de indicar bajo las denominaciones de Variolita y Piromérida, Trapp, Wacka, Espilita y otras; de donde se deduce la poca exactitud de semejantes expresiones unívocas con relacion á la composicion de las rocas á que se refieren; razon por la cual deben desterrarse del lenguaje científico, y sustituirse con los nombres que revelan la composicion de estas rocas, segun el Sr. Coquand; opinion muy respetable, y que viene á confirmar mi modo de ver expresado en el *Manual* presentado á concurso antes de publicar tan ilustre geólogo su recomendable *Tratado de rocas*. Coincidencia por la que no puedo menos de felicitarme; dando al propio tiempo las gracias al que con su perspicaz talento ha puesto en claro una cuestion de la mayor importancia para los ulteriores adelantos de la ciencia.

Como quiera que el yacimiento y relaciones geognósticas de este Pórfido vienen á ser casi iguales á las de la especie inmediata, dejamos su indicacion para cuando tratemos de las de esta.

Tercera especie.—Labradófido.

Sinonimia.—Ófita ú *Ofito*, *Pórfido verde antiguo*, *Pórfido augítico*, *Prasófido*, *Mandelstein*, *Trapp*, *Amigdalóida*, *Espilita*, *Meláfido*, *Greenstone*, *Toadstone*, *Eisenstein*, *Wacka*.

(1) La forma globular de esta y otras rocas la atribuye Delesse á un exceso de Silice.

Definicion.—Roca compuesta esencialmente de Feldespato Labrador con cristales del mismo engastados en su masa; con Piróxeno y nódulos calizos, cuarzosos, calcedónicos y de otras sustancias como elementos accidentales ó accesorios.

Variedades.—*Porfiróidea*, cuando de una pasta verde ó negruzca se destacan numerosos cristales de Labrador; *pórfido-amigdalóidea* cuando ofrece pequeñas cavidades llenas de carbonato de Cal; *granosa*, llamada tambien *Trapp* y *Greenstone*, ó *piedra verde*, compuesta de una masa de cristales sumamente pequeños que le comunican un aspecto homogéneo y uniforme; *amigdalóidea* ó *Espilita*, formada de una masa cristalina granosa ó compacta llena de celdillas, vacías unas veces, y mas comunmente llenas de carbonato de Cal, de Zeolitas, Cuarzo ó Calcedonia; *globular*, parecida á las Piroméridas y Variolitas ó á las variedades del mismo aspecto en los Albitófidos; *terrosa*, llamada tambien *Wacka; brechiforme &c.; cuarcífera* cuando los nódulos se hallan constituidos por el Cuarzo; *piroxénica*, verdadero Pórfido verde antiguo; *anfibolífera &c.*

Yacimiento.—Los Labradófidos ó Pórfidos verdes y negros han aparecido en forma de filones, de tifones y diques atravesando otros terrenos, y tambien en corriente, extendiéndose é intercalándose entre las capas de sedimento; circunstancia que hizo creer equivocadamente á la escuela de Werner que eran un producto neptúnico. Estos Pórfidos, como los anteriores, recorren en su aparicion toda la escala geognóstica, desde el período carbonífero y de la arenisca de los Vosgos, como se ve en esta cordillera, hasta el terciario medio inclusive, como se puede observar en la region metalífera toscana en Riparbella, Roca Tederighi, Monte Castelli &c.

Localidades extranjeras.—El Pórfido verde antiguo procede de Helos en la Laconia, entre Kené y Kaseir y en los montes El-Guettar y Doukana, en Egipto: las otras variedades se encuentran en las localidades indicadas de la Toscana y en muchas de los Vosgos: el departamento del Var es la region clásica para los Albitófidos y Labradófidos: Oberstein, Idar, en el valle del Nahe, en la Baviera, y toda la cuenca carbonífera de Sarre: tambien se encuentra en el valle de Cuitan, cerca de Tetuan; en Ontonagon y punta de Kewenaw (Estados Unidos) las variedades anfibolíferas; en los condados de Carnarvhon y Meriont, en Inglaterra: en Ekatherinemburgo en Rusia, y en otros puntos. En 1850, recorriendo la Suiza en compañía de mi amigo el profesor Studer, de Berna, tuve la satisfaccion de encontrar en canto errático, de gran tamaño, una variedad parecida al verde antiguo cer-

ca de Montblanc, siendo la primera vez que semejante roca se veia en los Alpes.

Localidades españolas.—La Península puede considerarse como el país clásico de estos Pórfidos, no solo por su abundancia, sino que muy principalmente por las relaciones geognósticas con la mayor parte de los criaderos metalíferos que forman la riqueza de esta parte privilegiada de Europa. Prescindiendo de los muchos puntos aislados, y circunscribiéndonos á aquellas regiones á las que esta roca imprime un sello particular, podemos decir que existen muchas, entre las cuales citaremos tan solo las de la Extremadura baja, Sierra Almagrera y Cartagena, la de Cataluña y de Alpedroches (Guadalajara) &c.

La de la Extremadura baja abraza una gran extension de terreno, internándose en las provincias de Sevilla, Huelva y Ciudad Real. Bastaria citar los criaderos de Cinabrio de Almaden, y el de Cobre de Riotinto, enlazados, y resultado, tal vez, de la aparicion de estos Pórfidos, verdes en unos puntos, negros ó *Meláfidos* en otros, para apreciar su importancia. En el primer distrito se encuentran en Chillon, en donde son de color negro, y en Puerto del Cuervo, Almadenejos, Guadalperal, Ballestera, Herrera del Duque, Cabeza del Buey, y en otros puntos. En el segundo son tan abundantes, segun el Sr. Luxán, que debe llamarse *el distrito de los Pórfidos por excelencia*: se hallan desde Aracena y Riotinto hasta Portugal; en Almonaster la Real, en Zalamea, en Cabañas, en las cercanías de Riotinto, en Oligade, Odiel, Escalada &c. En este distrito, no solo el Cobre de Riotinto, sino los criaderos metalíferos de la Peña del Hierro, San Miguel, el Castillo, la Concepcion, la Poderosa, la Gaditana y otros muchos deben su orígen á la aparicion de los Pórfidos verdes y negros ó anfibólicos. Las famosas minas de Guadalcanal son dependientes de Pórfidos verdes y rocas de Serpentina; notándose un hecho singular y muy curioso que se repite en otros puntos donde hay Pórfidos; y es que allí ofrece *Plata* la Galena, mientras que, por el contrario, falta casi siempre en donde han obrado las Serpentinas.

En la region de Sierra Almagrera se encuentran igualmente los Pórfidos verdes y negros (Meláfidos) enlazados mas ó menos con los tan famosos criaderos de Galena argentífera. Segun Rojas Clemente, existen desde Lubrin á Cuevas en la Sierra de Montroy, en direccion de Almagrera; Pellico, en la descripcion que publicó de la provincia de Murcia, dice haberlos hallado en el cerro de Alifraga, al O. de Sierra Almagrera: en la Hoya del Bramador, al extremo oriental de esta sierra, en

donde forma un dique estrecho de 200 varas de longitud; y tambien en la Cruceta y en la sierra de Pulpi. Segun este geólogo, tambien se hallan estos Pórfidos anfibólicos en la Sierra de Cartagena, en la Cuesta de las Fajas, en el Cerro de la Crisoleja y en Cabezo-Rajado: sin salir de este distrito, el citado geólogo hace mencion de la existencia de Pórfidos entre Bayares y Bayarque, y en la Sierra de Filabres, cerca de las minas de Azufre de Hellin. En Cataluña, segun el Sr. Maestre, se encuentran los Pórfidos en dos ó tres regiones, en donde desempeñan un papel muy principal. Uno de estos puntos es el de la cuenca carbonífera de San Juan de las Abadesas, en cuyos estratos determinó la aparicion de dichas rocas las inflexiones y repliegues que ofrecen. La erupcion porfídica mas notable de esta cuenca es la de la Torre de los Moros de Cabellera: la otra es Farena (Tarragona), en donde los Pórfidos feldespáticos han convertido en Dolomia las Calizas terciarias; y el Mas de Fons en la misma provincia.

Por último, los Pórfidos de Alpedroches, en la provincia de Guadalajara, de los que hace depender el Sr. Ezquerra los famosos y riquísimos criaderos de Hiendelaencina, forman tambien otro distrito.

Además de estas regiones, que son las mas notables, existen una porcion de criaderos aislados de estos Pórfidos, como por ejemplo el de Sierra Bermeja (Málaga), en donde están enlazados con varios criaderos metalíferos: el de la Sierra de Gador (Almería) se relaciona con las Galenas, allí tan abundantes: al E. de Santiago (Galicia), hasta la Sierra de Deza; desde San Saturnino hasta Cabo Ortegal, junto á la Coruña, y en Rivadeo &c., segun el Sr. Schulz.

Aplicaciones.—Todas las variedades de este precioso Pórfido, y en especial el llamado *Verde antiguo*, se emplean como piedras de adorno en mosáicos, bustos, estátuas, baños &c., por lo agradable de sus tintas y el buen pulimento que admiten. Aunque son muchos mas los objetos de lujo elaborados con el Pórfido rojo que con el verde, sin embargo, no son pocos los que todavía se conservan en los Museos, sobre todo de Roma y Florencia: en la primera es notable la grande urna que se ve debajo del altar mayor de San Nicolás; otra existe tambien en la iglesia de S. Quattro: en el Museo del Vaticano he visto tambien dos columnas de una pieza y una taza de un Pórfido negro, que es muy probable pertenezcan á esta especie.

Cuarta especie.—Oligófido.

Sinonimia.—Pórfido azul.

Definicion.—Bajo la denominacion de Oligófido ó Pórfido azul se comprende la roca compuesta esencialmente de una pasta de Oligoclasa y de cristales generalmente del mismo Feldespato, engastados en ella. Distínguese de las anteriores por el color azul que le es característico, y sumamente agradable á la vista.

Variedades.—Porfiróidea, la que está sembrada de grandes cristales de Oligoclasa; *granitóidea*, la que ofrece el aspecto del Granito, ó mejor de la Sienita, puesto que en ella se notan el Oligoclasa, el Cuarzo y el Anfibol, reducidos á pequeño tamaño y entrelazados como en esta roca; *cuarcífera*, que contiene muchos cristales de Cuarzo dodecaédrico, y *anfibolífera* con cristales de Cuarzo y Anfibol.

Yacimiento.—Este Pórfido se presenta en diques y tifones de bastante consideracion, atravesando y ramificándose á veces en la masa de los Pórfidos rojos y Albitófidos, y en las capas de la arenisca abigarrada, al menos en el departamento del Var (Francia), y particularmente en la cordillera de Esterel. Es, de consiguiente, posterior á estos terrenos; y aun atendida su analogía con los Granitos y Pórfidos de la isla de Elba, se puede creer que sus erupciones se han extendido hasta la época terciaria.

Localidades.—Boulouris, Aiguebelle, la Caux, Agay y otros del departamento del Var, son los puntos clásicos de este Pórfido; tambien se encuentra en Marmato (N. Granada).

En la Península no sé que se haya encontrado hasta el dia.

Aplicaciones.—Este Pórfido es apreciado como piedra de adorno y decoracion de edificios ó monumentos. Los romanos elaboraron con él una porcion de objetos preciosos que se conservan todavía en Arlés, Frejus y en Roma; viéndose aun en Caux las canteras que abrieron para extraerlo.

Las rocas porfídicas, cuya descripcion acabamos de hacer, y que reasumiendo pueden referirse á Pórfidos rojos, verdes, negros ó Melafidos y azules ú Oligófidos, se enlazan íntimamente con las del otro grupo de que nos vamos á ocupar.

SEGUNDO GÉNERO.—*Rocas porfídico-magnésicas.*

Este género comprende una porcion de especies caracterizadas por un silicato de Magnesia que en unas forma parte esencial de su compo-

sicion, y en otras puede decirse que es el único elemento que las constituye, como se observa en la Serpentina y Piroxenita.

Primera especie.—Serpentina.

Sinonimia.—Ofiolita, Gabbro de los italianos, Piedra ollar.

Definicion.—Una de las rocas mas importantes del género es la Serpentina, llamada así por el color verdoso que ofrece, imitando, aunque remotamente, al de la piel de algunas serpientes, por cuya razon se le dió este nombre. Como se acaba de indicar, su color es verdoso uniforme, presentando á veces fajas ó aguas mas oscuras ó mas claras que el fondo; otras es pardo, rojizo y amarillento; con frecuencia abigarrado; su textura es compacta y tambien pizarrosa, granuda, laminar, granitóidea, y á veces aporfidada; de tacto suave, muy tenaz, pero blanda, pues con la navaja se deja rayar con mucha facilidad. La composicion de esta roca ha sido problemática hasta estos últimos tiempos, en que á fuerza de análisis y paciencia se ha podido poner en claro su complicada naturaleza, en la que entran varios silicatos generalmente hidratados, un poco de *Dialaga*, de Feldespato, y algunas porciones de *Talco*, que es el que le da la suavidad que le distingue. A mas de estas sustancias, la Serpentina, lo mismo que las otras rocas de esta seccion, presentan una multitud de minerales, que si bien desempeñan un papel accidental, no por esto tienen menos importancia, pues son susceptibles de una explotacion lucrativa. El Hierro cromado, el oxidado y el silíceo cálcico, el Cobre, la Galena, el Cuarzo, los Granates en gran abundancia, la Mica, el Feldespato y el Asbesto ó Amianto, son los principales.

Variedades.—Comun; *noble*, la que es traslucida y de un verde puerro claro; *laminar*, sembrada de pequeñas hojas de Talco; *pizarrosa; variolítica*, que contiene ó se halla compuesta de nódulos esferoidales; *brechiforme*, formada de fragmentos irregulares de la misma pasta reunidos por la propia Serpentina; *dialagífera*, *asbestífera*, *piroxénica*, *granatífera*, *oxidulífera*, por los cristales de Hierro oxidulado que encierra; *cromífera*, que lleva Hierro cromado; *cuarcífera*, y otras varias.

Yacimiento.—Las Serpentinas suelen presentarse en masa, dando lugar á montes redondeados ó cónicos; tambien en capas alternan, y aun al parecer, forman parte de los terrenos de sedimento; otras constituyen filones que no solo han atravesado y dislocado las capas de dife-

rentes terrenos neptúnicos, sino que han determinado en ellas un metamorfismo muy marcado. En casi todas las regiones clásicas como son la Liguria, la Toscana, Córcega, los Alpes del Delfinado y varios puntos en nuestra Península, la Serpentina se halla asociada á la Eufótida; y en Toscana estas dos combinadas con los Meláfidos, constituyen lo que el ilustre Sr. Savi de Pisa llama terreno ofiolítico. La Serpentina es posterior en su aparicion al terreno coceno, como se ve en la isla de Elba.

Localidades extranjeras.—Esta roca es muy comun en las regiones indicadas; siendo de notar que en la cordillera metalífera de la Toscana, como en la isla de Elba y en otros puntos, acompaña casi siempre á metales plomizos, ferruginosos y cúpricos.

Localidades españolas.—Otro tanto sucede en España en las muchas localidades en que la encontramos, y en especial en todas las montañas que desde el puerto de Gomez se extienden hasta Gibraltar, á poca distancia de la costa. En Sierra Bermeja y Almagrera suele ser la matriz de las Galenas y de otros metales. El Sr. Thalaker encontró en San Lorenzo del Escorial la variedad llamada noble: es muy bella la del barranco de San Juan (Sierra Nevada), de donde proceden las columnas del altar mayor de la catedral de Granada, y las famosas de las Salesas Reales de la córte. Todos los criaderos de este rico distrito, puestos en claro por el señor Maestre en estos últimos años, están relacionados con esta roca. Se encuentra tambien, segun el Sr. Ezquerra, en Velez-Málaga.

Rojas Clemente la cita en Coin sirviendo de matriz á la Plombagina que allí se explota; la Sierra de Aguas, entre Alora y Carratraca, es toda de Serpentina, segun este célebre naturalista; y contiene Cuarzo, Jade, Amianto, Talco, y tambien Plombagina. Abunda igualmente en Sierra Bermeja, entre Genalguacil y Estepona, relacionada con el Granitino.

Segun el Sr. Collette, en la descripcion del Señorío de Vizcaya, se encuentra en el término de Rugerio llevando Hierro oligisto especular: entre Busturia y Forna, esta roca ha determinado la alteracion de los Kaolines que son abundantes. Al O. de Bermeo se hallan tres colinas de Serpentina, cuya aparicion alteró las calizas del terreno triásico. El señor Coquand la cita en Ceuta, y el Sr. Schulz en Moeche, Larazo; y entre Mullid y Leboreyro (Galicia), encontrándose en Villamor la variedad llamada Ollar.

Pero la region mas importante de la Península, sin disputa alguna, es Sierra Nevada y sus ramificaciones, constituidas en gran parte por la Serpentina y Pórfidos verdes acompañados de Cobres y Galenas argen-

tíferas muy ricas, cuya aparicion determinó todas las dislocaciones que en dicha cordillera se observan.

Aplicaciones.—La Serpentina y sus diversas variedades son susceptibles de muchas aplicaciones. Cuando ofrece cierta consistencia se puede tallar perfectamente, recibiendo un pulimento que la hace apreciable para una infinidad de objetos de adorno, como pedestales, columnas, zócalos, estátuas, vasos, tazas &c. El Museo del Vaticano posee en este género objetos de mucho precio; y las dos columnas de una sola pieza del altar mayor de las Salesas Reales de Madrid son notables por su tamaño y hermosura.

La variedad llamada noble por la belleza de sus tintas, es muy estimada y de bastante valor.

Cuando predomina en su composicion el Talco, la piedra es demasiado blanda para los objetos indicados; pero en razon á la mayor facilidad con que se deja tallar, se destina á la elaboracion de vasijas, pucheros de todos calibres, hornillos y otros utensilios para el uso doméstico. La variedad que se presta á esta aplicacion, se llama *piedra ollar*; es muy comun (1) y se sirven de ella con buen éxito en Ala, Sesia, Strona, y otros puntos de los Alpes de la Suiza y Saboya, y tambien en Córcega.

Segunda especie.—Eufótida.

Sinonimia.—Verde de Córcega, Granitona, Hiperita, Variolita de la Durance, Gabbro en Italia.

Definicion.—La Eufótida, llamada por algunos Granítona, y comunmente Verde de Córcega, por abundar mucho en esta isla, es una roca compuesta de Dialaga y de Feldespato Jade ó Sausurita, de color blanco manchado de verde, como su mismo nombre lo indica; muy tenaz, de textura granosa, que la hace confundir á veces con ciertas variedades del Granito.

Variedades.—Granitóidea, compuesta de láminas de Diálaga diseminadas con cierta uniformidad en una pasta de Feldespato laminar; *aporfidada*; *variolítica*, de textura granosa con glóbulos esferoidales de

(1) Nada prueba mejor lo abundante de esta variedad de Serpentina, como los diversos nombres que lleva. Plinio ya la conoció con el nombre de Lapis comensis, por su procedencia del Lago de Como: en Inglaterra la llaman Pottstone; en Italia Lavezzi; y en Alemania Lavezstein, Schneidestein, Giltstein y Topfstein.

Feldespato; *granugienta*, *pizarrosa*, *conglomerada*, compuesta de fragmentos de Eufótida y otras rocas, reunidos por un cemento de aquella *Esmaragdita*, notable por el color verde esmeralda de la Diálaga; *hiperstenica*, llamada por algunos Hiperita, constituida por el Feldespato Labrador y la variedad Hiperstena de la Diálaga; *serpentínica*, *micacífera*, *piroxénica y Eglogita*, compuesta de Diálaga cristalizada ó de Hiperstena y de Granate con pirita de Hierro algunas veces.

Yacimiento.—Son tan íntimas las relaciones geográficas y geognósticas entre esta roca y la Serpentina, lo mismo que entre ellas y la Piroxenita, que si bien consideradas mineralógicamente, se las debe estudiar como especies diferentes, bajo el punto de vista geológico, no pueden separarse de un tipo comun. De consiguiente, el modo de presentarse la Eufótida es el mismo indicado ya en la Serpentina; y en cuanto á su edad relativa puede asegurarse, que si bien en el Delfinado y la Saboya no ha pasado del período antracífero, en la Toscana y Córcega han atravesado el terreno numulítico, cuyos estratos dislocaron y alteraron hasta el punto de encontrarse fragmentos de rocas de sedimento engastados en la masa de Eufótida, como se ve, segun Coquand, en Gaggio (Apeninos boloñeses), en donde las Arcillas están convertidas en Jaspes, y las Calizas en Dolomias y Oficalcias.

Localidades extranjeras.—En los Apeninos de Bolonia se encuentra la Eufótida en Gaggio, Pian di Sesa, Sas Grosso, Sas del Oro y otros puntos: en Monterosa y Monteviso: en Riparbella y Roca Silana (Toscana): en Córcega es muy abundante: en la isla San Pablo (Estados-Unidos): en la de Sky (Escocia): en Penig (Sajonia) es comun la variedad llamada Hiperita: en los Alpes del Delfinado, en Córcega y Toscana se encuentra la serpentínica: la piroxénica en Arguenos (Pirineos): en la isla de Elba la variedad pizarrosa; y el Conglomerado en Gaggio, Sas Grosso &c.

Localidades españolas.—En la Península se encuentra en Castilblanco (Sevilla) en una erupcion clásica, segun el Sr. Luxán, en relacion con los Granitos: es tan abundante la Eufótida en dicho punto, que forma el asiento del pueblo, y ha servido de piedra de construccion para todos los edificios. En condiciones parecidas se halla esta roca en los alrededores de Almaden, de cuyo criadero metalífero puede decirse que forma parte, inyectada en los filones de Cinábrio: los puntos mas notables de esta parte de Extremadura y Sevilla son Guareña, Mérida, Albuquerque y Cazalla. En Badajoz, segun los señores Luxán y Naranjo, forma unas colinas en las que evidentemente la Eufótida ha determinado la

trasformacion de las Calizas terciarias lacustres en Dolomia. Schulz dice encontrarse la Eufótida en Leboreiro y otros puntos de Galicia.

El Sr. La Cortina cita la variedad serpentínica, ó por mejor decir la Ofiolita dialágica (llamada Gabbro) entre Carratraca y Casarabonela con Hierro oxidulado, que causa notables alteraciones en la Brújula al practicar operaciones geodésicas: el mismo dice que la variedad grammatítica se encuentra en Carratraca relacionada con notables depósitos de Nikel oxidado, sulfurado y arseniatado.

Aplicaciones.—La Eufótida admite bien el pulimento, y es una piedra de adorno muy agradable, con la que los antiguos elaboraron objetos preciosos: tambien se emplea en la construccion, como se ve por ejemplo en Castilblanco.

Tercera especie.—Anfibolita.

Sinonimia.—Diorita, Dioritina, Diabasa, Grünstem, Afanita, Piedra Córnea, Ofita (de Palassou), Diorita orbicular de Córcega.

Definicion.—Roca compuesta esencialmente de la variedad de Anfibol llamada Hornblenda, y de Feldespato Labrador; de textura diversa, á saber: granugienta basta, en cuyo caso, distinguiéndose los dos elementos de su composicion, se parece al Granito y recibe el nombre de Diorita; granugienta mas fina, y se llama Dioritina; y tambien compacta cuando fundido el Feldespato y el Anfibol constituye la variedad llamada Afanita ó Piedra córnea. Las sustancias esenciales á su composicion suelen presentarse entremezcladas como en los Granitos de grano fino, excepto en la variedad orbicular de Córcega, en la que se hallan dispuestos en capas concéntricas (1) formando nódulos cementados por una pasta de Anfibolita granugienta. El color que predomina en esta roca, es el verde mas ó menos oscuro, á veces casi negro; uniforme en las variedades compactas; mas ó menos salpicado de blanco, debido al Labrador en las granitóideas. Esta roca es muy tenaz y bastante dura, si bien susceptible de descomponerse ó ceder á la accion de los agentes exteriores.

---

(1) Esta variedad me recuerda un hecho muy curioso que ofrecen las extraordinarias Anfigenas de Rocamonfina, junto á Sessa (Nápoles) y del que, sin embargo, no se han ocupado todavía los geólogos, á mi entender; que consiste, en que los cristales de esta sustancia se hallan tambien constituidos por capas concéntricas de Piróxeno y Leucita, alrededor de un núcleo que casi siempre es de Piróxeno.

Además de las sustancias esenciales, ofrece la Anfibolita como elementos accesorios el Cuarzo, la Dialaga á veces, la Mica, el Granate, la Epidota, Piritas, Hierro titanado y otras.

Variedades.—Granitóidea; *aporfidada*, en la que se ven cristales de Anfibol en la pasta feldespática; *homogénea* ó Anfibolita propiamente dicha, cuando el Anfibol predomina hasta el punto de no aparecer el Feldespato á la simple vista; *compacta* ó Afanita, *pizarrosa* y *orbicular*, llamada por excelencia de Córcega por ser la localidad mas clásica que se conoce; *micácea* y *granatífera* cuando lleva Mica ó Granates.

Yacimiento.—La Anfibolita suele presentarse en masas de corta extension en los terrenos antiguos en relacion con los Granitos y Pizarras cristalinas en cuyas rocas suele encontrarse ramificada: en Cristianía se observa en forma de dique atravesando los estratos de una Arcilla pizarrosa, que no solo levantó, sino que arrastró tras sí una porcion de fragmentos de dicha roca que hoy se encuentran en su seno formando una brecha muy curiosa que acredita la fluidez con que apareció la Anfibolita. En el sistema llamado por Studer de Mont-Jove en Saboya, cerca de Aosta, se ve esta roca en relacion con las Serpentinas, los Asbestos y Actinotas, y con las Pizarras gris y verde, á las cuales pasa con frecuencia, como tuve ocasion de ver en 1850. En la Bretaña (Francia), se presenta en masas considerables, dando lugar á colinas cónicas de bastante elevacion, como en la de Menez-Bré; y tambien en filones de alguna consideracion. En los Pirineos, region clásica de esta roca, se halla íntimamente enlazada con el Piróxeno en masa. La Anfibolita recorre todos los terrenos desde el silurio, como en Noruega; hasta los terciarios modernos, como se ve en los Pirineos y en el Departamento de las Landas, en Francia; encontrándose tambien en el período jurásico, como se puede observar en el canton del Valais (Suiza).

Localidades extranjeras.—Ponzac, Labasserre y otros puntos, en los Pirineos: Tavigliana y Verret, cerca de Aosta, y Mont Jové (Saboya): Nantes, Coutances, Menez-Bré y otros (Bretaña): Saint Blaise y Saint Maurice (Vosgos): Radau, en el Hartz: Freyberg (Sajonia): Feldberg (Darmstadt), La Bauduere (Vendée): Djebel-Edough (Africa); y Córcega para la variedad llamada orbicular, son los puntos mas importantes.

Localidades españolas.—En España no solo abunda esta roca, sino que con frecuencia está enlazada con criaderos metalíferos. Pellico la cita en Sierra Almagrera, atribuyéndole los trastornos y dislocaciones de aquel distrito, así como la aparicion de tan famosos criaderos; segun el Sr. Schulz, en Galicia se encuentra el Anfibolito cloritoso en Puente

Noval y en el rio Lambre; el feldespático, en Santa Baya en Bergantiños; el gneísico, en el Cabo Ortegal; otras variedades en San Roman de Moeche, en el Arsenal y Monte Viso al E. de Santiago, todos en terrenos antiguos: el mismo cita en Asturias la Diorita aporfidada en la Pola de Allande, á orillas del rio Valledor; en Ferrero, el Pórfido diorítico; á media legua de Infiesto, la Diorita en un dique, y al N. de Santa Eulalia de Cabranes, la Diorita verde y negra en relacion con un filon de Pórfido. En el valle de Mena (Guipúzcoa) y cerca de Reinosa (Santander), se encuentra atravesando el terreno jurásico. Segun el Sr. Luxán es abundante la Anfibolita en Feria y Zafra (Extremadura) relacionada con una gran masa de Hierro magnético, y tal vez con la que se encuentra en el Pedroso y Marbella. En el distrito de Riotinto, en Campofrio, Aracena y Puebla de Guzman, es comun, y tambien en Trasierra en donde forma un monte de bastante importancia. Por último, segun el Sr. Cortina se la ve en Salabe (Asturias), en Bellagona, Vera, al E. de Almaden, en Guareña, Villa-Gonzalo, Mérida, Badajoz, Alburquerque y Cazalla (Extremadura). En el término de Alfarp, lindante con el de Carlet (Valencia): en Segorbe y Barranco del Cucharero (Castellon): Sarrion y Camarena (Teruel) y otros puntos he visto la verdadera Diorita en relacion con el terreno triásico cuyos materiales ha dislocado y alterado profundámente.

Aplicaciones.—La Anfibolita se emplea como piedra de adorno y en la fabricacion de objetos de lujo, como vasijas, jarrones, mesas &c., muy apreciados por el buen efecto de las tintas y el hermoso pulimento que admiten las variedades granitóideas. De ella se sirvieron para decorar sus monumentos los romanos y egipcios. La descomposicion de esta roca suministra en Bretaña, segun Coquand, una excelente Puzolana y en otros puntos muy buena tierra vegetal.

Cuarta especie.—Piroxenita.

Sinonimia.—Piroxeno en masa, *Lherzolita*, *Lhercolita*, *Augitfels*, *Cocolita* &c.

Definicion y variedades.—Roca compuesta esencialmente de Piróxeno diópsido, Edembergita ó Bustamita de base de Cal y Magnesia. Su textura suele ser compacta, granugienta, fibrosa, pizarreña y fragmentosa, constituyendo otras tantas variedades que no citamos en particular por creerlo inútil. La compacta de grano microscópico se llama Lhercolita, diferenciándose de la Lherzolita en que en esta el grano es mas basto;

la granugienta ha recibido el nombre de Cocolita. El color de esta roca suele ser verdoso mas ó menos claro, tambien á veces oscuro. Goza de bastante tenacidad y de una dureza regular. Además del Piróxeno, elemento esencial á su composicion, suele presentar esta roca otras sustancias accidentales como el Granate, el Cuarzo, la Hiperstena &c., que dan lugar á las variedades granatífera, cuarzosa, hipersténica &c.

Yacimiento.—La Piroxenita, que fué llamada Lherzolita por creerla peculiar de los alrededores del Lago de Lherz en los Pirineos, se encuentra allí en masa constituyendo colinas cupuliformes mas ó menos redondeadas encajada en la caliza jurásica. En dicha region la Piroxenita no solo atravesó los estratos calizos dislocándolos y haciéndoles tomar el aspecto de mármoles sacaroideos, si no que en el punto de contacto arrastró fragmentos diversos de estos que hoy se encuentran empotrados en la masa de aquella, constituyendo conglomerados de friccion, como los llama Coquand. Esta es una demostracion palpable del modo, y aun del estado pastoso con que esta roca salió del fondo de la tierra. Tambien se presenta en diques ó filones á veces de una potencia extraordinaria como se observa en Campiglia y en la punta de la Calamita (isla de Elba), en donde tiene mas de 3,000 metros de diámetro. En este punto se halla representada por una variedad muy curiosa compuesta de masas globulares contiguas, de dimensiones variables constituidas por fibras que irradian de un centro. Allí acompaña esta roca á la masa inmensa de Hierro magnético, así como en Campiglia asociada de un Granito y de un Pórfido cuarcífero, está íntimamente relacionada con minerales de Cobre, Hierro, Plomo y Zinc. Esta roca se encuentra en las Pizarras cristalinas antiguas en Bone (Africa): mientras en Toscana y en los Pirineos corresponde á los terrenos terciarios.

Localidades extranjeras.—Las localidades mas célebres son: el Lago de Lherz, Soleilhas y Lacus (Pirineos): Montecastelli, Libiano, Riparbella é Isla de Elba (Toscana): Filfilah y Djebel Edough (Africa): Real de Minas de Fetela (Méjico), y otros.

En la Península no debe escasear esta roca si se atiende á las relaciones que tiene con la Anfibolita tan abundante; sin embargo, ignoro los puntos en que se halla.

TERCER ORDEN.

Rocas ígneas modernas ó volcánicas.

Las rocas de que vamos á tratar forman el último término de la série ígnea que empezó con el Granito; razon por la cual se les aplica el epíteto de modernas; así como el llamarse volcánicas lo deben al modo como han sido formadas, semejante, por no decir idéntico, al que emplea hoy la naturaleza en los productos volcánicos.

Tres géneros admitimos en este órden fundados en la edad relativa; en la composicion mineralógica y en las relaciones geognósticas que ofrecen las diversas rocas que abraza, y son:

PRIMER GÉNERO.—*Traquita.*

Las rocas comprendidas en este primer género, bajo la denominacion de Traquitas, son en general las mas antiguas entre las volcánicas, distinguiéndose además por otros caractéres que vamos á indicar. Estas rocas suelen afectar con frecuencia una especie de falsa estratificacion que no se encuentra en las basálticas, y que tan solo las Lávicas suelen imitar en sus corrientes. Otras veces se presentan en grandes masas dando lugar á montañas enormes de formas redondeadas y sin cráter bien determinado; tal es el carácter de la Domita llamada así por ser la roca que constituye el Puy de Dôme en Auvernia. Esta forma contrasta con la cónica y crateriforme de las montañas lávicas, y con la columna y en forma de torres ó cilindros de las basálticas. Las circunstancias que, al parecer, han acompañado á estas rocas en su aparicion, son, de consiguiente, distintas de las demas rocas volcánicas. La naturaleza de los elementos que las componen tambien es diferente como vamos á ver.

Este género se divide en dos especies, á saber: Traquita propiamente dicha y Fonolita.

Primera especie.—Traquita.

Sinonimia.—Pórfido traquítico, Leucostita, Domita, Andesita, Masegna, Obsidiana, Pórfido obsidiánico, Pumita, Estigmita, Lava pumítica, Trass, Trassoita &c.

Definicion.—La roca tipo de la especie es la Traquita, voz derivada del griego, *traxus*, que significa áspero, rudo al tacto; compuesta, adelógena, de estructura compacta y mas comunmente porosa y hasta celular; á veces de pasta uniforme, y con frecuencia porfiróidea; de tacto muy áspero y desagradable; de colores variables, siendo el mas comun el rojo súcio, gris, pardo, y á veces el blanco; formada de granos casi microscópicos de Ortosa, mezclados frecuentemente con partes de Mica, Anfibol, Piróxeno, y Hierro titanado. El Feldespato y el Piróxeno en particular suelen presentarse bien cristalizados, dando á toda la roca el aspecto porfiróideo. La falta de Perídoto característico del Basalto la distingue de este perfectamente. Las Traquitas presentan como elementos accesorios una porcion de minerales susceptibles de explotacion y tambien piedras preciosas. Las de Hungría, v. gr., poseen Oro y Plata que se benefician; en otras se encuentra el Ópalo, las Alunitas y el Azufre.

Variedades.—Todas estas rocas pueden agruparse en dos secciones colocando en la primera bajo la denominacion de Traquita propiamente dicha, todas las de textura cristalina ó terrosa; y en la segunda con los nombres de Obsidiana y Pomez, las que por el contrario ofrecen un aspecto vítreo ó escoriforme análogo al de las lechadas de los altos hornos. En el primer grupo, ó sea en las Traquitas propiamente dichas, figuran las siguientes: *porfiróidea*, por los cristales de Ortosa que lleva; *granitóidea;* en el islote de Basiluzzo (Lipari), ví y traje ejemplares de esta variedad que casi es imposible distinguir del Granito, tanto por su composicion, cuanto por su estructura; *molar*, por ser porosa y llena de Sílice; *pizarrosa; térrea*, por otro nombre Domita; *escoriácea*, *oligoclasífera*, *anfibolífera*, *cuarzosa*, *petrosilícea*, pasando á la Fonolita &c.

El *Piperno*, que no hay que confundir con el Peperino, es una variedad sumamente curiosa de Traquita peculiar, hasta ahora, de Pianura y otros puntos de los campos flegreos napolitanos. Esta variedad, descrita ya por Breislak y despues por Brocchi, ofrece á primera vista el aspecto de una Brecha por la combinacion singular de los dos colores blanco ceniciento, y negruzco ó azulado que la distinguen representando aquel el fondo ó cemento, y este, que afecta formas angulosas, los pedazos aglutinados. Examinada con detenimiento se ve que es una roca con todos los indicios y estructura de una Traquita; debiendo el aspecto que presenta á la diferente coloracion de su masa; hecho curioso y que por ahora no se ha tratado de explicar. Recientemente, es decir,

en Diciembre de 1859, el Sr. Daubeny al llamar la atencion acerca de las particularidades que ofrecen esta roca y el Peperino, cree que deben ser objeto de nuevas investigaciones, inclinándose algun tanto á considerarlas como un efecto de metamorfismo. El estudio que he hecho de ambas rocas, no me permite participar de la opinion de tan respetable sábio.

En el segundo grupo deben citarse la *vítreo porfiróidea*, ó sea Obsidiana, verde ó negra con cristales de Feldespato vítreo; la Traquita-obsidiana ó simplemente Obsidiana, y la Traquita-pomez, por otro nombre piedra Pomez ó Pumita.

Además es frecuente encontrar alrededor de los centros traquíticos Conglomerados y Brechas traquíticas, pumíticas y obsidiánicas, cenizas sueltas ó aglutinadas, y Tobas pumíticas llamadas tambien *Trass*, que ora son productos directos de la accion volcánica, ó resultado de la descomposicion de dichas rocas reconstruidas posteriormente.

Yacimiento.—Las rocas comprendidas en esta primera especie del género Traquita, se hallan enlazadas entre sí por el predominio del Feldespato potásico ú Ortosa, por mas que el aspecto, y aun en algunas hasta la edad, sea algun tanto distinta como sucede con las obsidianas y la piedra Pomez. El tránsito de unas á otras como se observa en muchos puntos, y principalmente en la punta de la Castaña en Lípari y en otras islas del grupo, entre la Traquita y la Pumita, y entre la Obsidiana y esta última, justifican tambien su agrupacion. Aunque estas rocas no suelen presentarse en corrientes como las lavas modernas, siendo la creencia mas general que se levantaron del seno de la tierra en estado pastoso, dando lugar á montañas cupuliformes como se nota, sobre todo, en la variedad terrosa ó Domita; sin embargo, no han dejado de verificar erupciones acompañadas de explosion como lo acredita la Obsidiana que en todas partes representa las masas vidriosas que suelen arrojar; y además, en la localidad indicada en Lípari, constituye una verdadera corriente. Por otra parte la cantidad prodigiosa de piedra Pomez comun, y en verdaderas bombas y lágrimas volcánicas que ví en el sitio llamado Pomichazzo (Lípari), y las Brechas y Tobas que se encuentran en muchos centros traquíticos, confirman plenamente esta opinion, ya que no siendo todos resultado de la descomposicion de las Traquitas, hay que considerarlos como los productos de las explosiones de aquel volcanismo. Cualquiera que haya visitado las islas de Lípari, y en particular el campo Bianco y la punta de la Castaña, puede haberse convencido de esta verdad; pues todavía se

ve allí el cráter abierto por donde salió la Obsidiana en corriente y la ceniza traquítica y la piedra Pomez lanzadas en las explosiones.

La aparicion de la Traquita ha dado lugar á cráteres de erupcion de los que el famoso de Roca-Monfina y otros en los campos flégreos napolitanos pueden presentarse como modelo; si bien en el indicado volcan esta roca es mas moderna que la Anfigenita, perteneciente al género basáltico, en razon á haber sido levantados sus estratos por aquella que se encuentra en la montaña Santa Croce formando la cima del volcan.

Respecto á la época de las erupciones traquíticas, podemos asegurar con Beudant y Humboldt, que las de Hungría y cordillera de los Andes corresponden al terreno cretáceo; mientras que las de la Auvernia y casi todas las de Italia son terciarias. En la isla de Lípari tuve la satisfaccion de confirmar esta idea; pues en el sitio llamado *il Bagno seco* encontré una formacion compuesta de bancos horizontales llenos de plantas fósiles pliocenas, y entre ellas dos troncos de Palma en su posicion vertical. Ahora bien, encontrándose este depósito entre dos montes de Traquita como demuestra la

Figura 46.

1.° Traquita en capas muy inclinadas en las cimas del Palmito y del Baño seco.
2.° Formacion terciaria. { *a.* Toba volcánica. *b.* Roca silícea.
3.° Orígen de la fuente termal de Baño seco.

es claro, que cuando aquel se formó, ya habia aparecido dicha roca, pues de lo contrario hubiera dislocado y alterado los estratos y materiales que los componen.

Localidades extranjeras.—Esta roca es una de las mas esparcidas en el globo, al menos entre las volcánicas; bastando decir que la mayor parte de la cordillera de los Andes está formada de Traquitas, lo mismo que muchos de los volcanes apagados de la Auvernia, de Hungría, orillas del Rhin, y principalmente de Italia y Sicilia; pudiendo afirmar que el distrito mas clásico del globo es el de las islas de Lípari.

Localidades españolas.—En España se encuentra en Monte Axpé, junto á Portugalete, segun dice el Sr. Collette en su reconocimiento geológico del Señorío de Vizcaya. El Sr. Prado en la Memoria geológica sobre Almaden, publicada en 1855, cita la Leucostita ó Pórfido traquítico conocido en el pais con el nombre de piedra de Montejicar por

abundar en esta localidad al S. de Gargantiel, en Garlitos (Badajoz), y en las Casas del Castillo, cerca de Almadenejos, con la particularidad de presentarse alguna vez en columnas ó especies de prismas de cuatro, cinco ó seis caras verticales ú horizontales en el seno de la roca que ofrece el aspecto granitóideo. En Gargantiel, lo mismo que en Garlitos, y Mazarron, esta Traquita es metalífera llevando algun filon de Galena con Plata. Pero la region verdaderamente importante en la Península es la que en forma de cerros aislados se extiende á lo largo de la costa desde Cabo de Gata al de Palos, siendo los puntos en que adquiere mas desarrollo Mazarron, el promontorio de Gata y el Hoyazo en la Sierra Alamilla. En Mazarron la Traquita ha dislocado y alterado de un modo notable los terrenos terciarios; y la presencia de dichas rocas ha dado lugar, desde tiempos muy remotos, á grandes explotaciones de Alumbre, Galena argentífera, Blendas y Piritas de Hierro contemporáneas á su aparicion, segun Maestre y Pellico. Cerca de Cartagena las Traquitas constituyen una série de colinas paralelas á la cordillera que se extiende hasta el Cabo de Palos, en donde se explotaban en gran escala el Alumbre y la Galena argentífera, pudiéndose observar todavía en el Cerro Rajado extensas excavaciones á cielo abierto y subterráneas para la extraccion de dichas sustancias. En los cerros de San Cristóbal y Perales, cerca de Mazarron, las Traquitas contienen varios filones de Galena que rinde cerca de cuatro onzas de Plata por quintal, mezclada con Blenda y Piritas de Hierro. El producto anual de la fábrica dicha *Regeneradora* consiste en 6,000 quintales de plomo argentífero y 8 á 9,000 procedentes de escoriales antiguos que se benefician en otras dos fábricas inmediatas. La Industria del Alumbre en 1852 rendia anualmente sobre 20,000 quintales en este distrito.

Las Traquitas en esta region ofrecen todas las variedades imaginables de color y textura; las hay compactas, porosas, uniformes, porfiróideas, en estado de integridad y descompuestas; allí se ven Traquitas propiamente dichas, y Domitas mezcladas con Alunitas, Basaltos y Lavas, cuya erupcion y descomposicion posterior dió lugar á las Porcelanitas, á los Jaspes, Kaolines, Alumbres, Yesos, á una porcion de sustancias metamórficas y á accidentes en el terreno que dan suma importancia al distrito. El mar Menor de Cartagena, de época probablemente histórica, no es sino un gran hundimiento, resultado de una de estas erupciones volcánicas.

Aplicaciones.—Estas rocas pueden utilizarse en su estado íntegro y normal, y tambien en el de descomposicion.

En estado intacto ó fresco, como suele decirse, la Traquita reune todas las cualidades de una excelente piedra de construccion, siendo ligera y porosa; circunstancia que al paso que permite la penetracion del mortero da gran solidez á los edificios y poco peso. Todas las casas de la ciudad de Lípari, en la isla de este nombre, la mayor parte de las de Nápoles y de Pádua, Clermont Ferrand; la famosa catedral de Colonia y una infinidad de grandes monumentos están construidos con esta piedra. Las Brechas de Biot y Villenueve (Departamento del Var), que contienen fragmentos de Traquita, sirven para la construccion y para revestir los hornos de Sosa en Marsella.

La variedad llamada terrosa ó Domita és mejor todavía por ser mas ligera y porosa, y porque no se descompone tan fácilmente. La conocida con el nombre de molar se emplea en Hungría para piedras de molino; así como la Toba pumítica sirve en Tokay (Hungría) de excelente piedra de construccion.

La descomposicion de la Traquita, muy comun en atencion á su naturaleza eminentemente feldespática, da por resultado una Arcilla que se utiliza en muchos puntos en la alfarería; dando además lugar á una tierra vegetal muy feraz, formando gran contraste con la esterilidad de los terrenos traquíticos en estado de integridad, en razon á la gran dureza y permeabilidad de sus rocas.

La orgullosa y riquísima vegetacion de la isla de Isquia, que tantos atractivos da á esta residencia veraniega de la familia real de Nápoles, así como la feracidad de los campos flégreos napolitanos, de la Auvernia, en la inmensa llanura de la Limaña, uno de los mejores graneros de Francia, confirman plenamente lo que se acaba de indicar.

Despues de haber hecho la descripcion de la Roca tipo de la especie con sus variedades, yacimiento, localidades y principales aplicaciones, séame permitido decir dos palabras acerca de tres variedades del segundo grupo, á saber: la Obsidiana, la piedra Pomez y las Tobas pumíticas, siquiera sea en gracia á la importancia de sus aplicaciones.

Obsidiana.

La Obsidiana, llamada tambien Vidrio volcánico, Ágata negra de Islandia, Espejo de los Incas y Piedra galinácea, es una roca eminentemente ortósica, de color por lo comun negro, y tambien gris, azulado ó rojizo; de textura compacta, fractura esencialmente concóidea; de un brillo igual, ó si cabe, superior al del vidrio. Su aspecto suele ser el de

una roca homogénea y adelógena, ofreciendo á veces una porcion de cristales de Feldespato que le imprimen un sello porfídico muy curioso: tambien suele presentarse en Brecha, aunque esto es muy raro, dando á la roca un gran precio como objeto de estudio. En láminas ó astillas delgadas, y en los bordes, es traslúcida y hasta casi trasparente.

Tratada al soplete la Obsidiana da un vidrio blanco ó verdoso, aunque proceda de alguna variedad enteramente negra; lo cual parece indicar que este color es debido á materias bituminosas y carbonosas que se evaporan. El fragmento sometido á esta accion adquiere un volúmen á veces mas del doble del que tenia.

Yacimiento y localidades.—Aunque la Obsidiana esté enlazada íntimamente con las Traquitas tanto por su composicion, cuanto por pertenecer á los volcanes antiguos, no obstante, algunos volcanes en actividad la arrojan en sus erupciones en forma de fragmentos pequeños que recuerdan el *Lapilli*; como sucede en los volcanes de Islandia y en algunos del Kamtchatká en donde han recibido el nombre de Marekanita. En corriente y formando un verdadero cráter, se la puede ver y admirar en la isla de Lípari, en donde una montaña entera que forma el promontorio dicho *punta de la castaña* está constituida por esta roca. El famoso abate Spallanzani, una de las mas esplendentes lumbreras de la Escuela italiana en el siglo último (murió en 1799), dió en su viaje al reino de las Dos Sicilias una descripcion admirable de esta corriente, única en su género en el mundo.

Además de la Islandia, Kamtchatká é islas de Lípari, la Obsidiana se encuentra en los volcanes de Méjico y el Perú, en la Hungría y en Auvernia, aunque en este último punto es poco abundante, si bien le da gran importancia la variedad porfiróidea que se halla cerca de Vich, entre este pueblo y Murat, en el barranco llamado del Infierno.

En la Península se encuentra la Obsidiana en varios puntos del distrito traquítico que se acaba de indicar, y muy especialmente en el Morron de los genoveses y la Testa en el cabo de Gata, en donde forma un cráter y está enlazada con la piedra Pomez, segun Maestre.

Aplicaciones.—La Obsidiana se presta á varios usos de bastante importancia. Los antiguos Incas del Pérú se sirvieron de esta piedra no solo para la construccion de sus famosos espejos aprovechando la estructura compacta y uniforme, y el sorprendente brillo natural y el que le comunica el pulimento, sino que tambien valiéndose de la fractura particular que esta roca ofrece, fabricaron con ella flechas, dardos, puñales y toda clase de armas ofensivas, siendo muy notable

*

el que no se haya podido saber de qué instrumentos se valieron para esta clase de manufacturas.

En Nápoles se ensayó con algun éxito el uso de esta sustancia en la fabricacion del vidrio comun. Tambien suele emplearse para objetos de adorno de luto, por su color, aunque su fragilidad la hace poco apreciable. Por otro lado, la Obsidiana es uno de los objetos mas curiosos en las colecciones geológicas y mineralógicas, sobre todo las variedades raras como la porfiróidea, la brechiforme y las encarnadas con reflejos metálicos, resultado de la descomposicion de la parte superficial de la roca. De todas estas variedades recogí excelentes ejemplares que se conservan en el Gabinete de Historia Natural de esta corte.

Piedra Pomez.

Pumita.—De composicion mineralógica casi idéntica á la de la Obsidiana, la Pumita ó piedra Pomez se distingue por la mayor parte de sus caractéres físicos. Esta con efecto, es una piedra generalmente de color blanco mate ó de otros siempre claros; de textura porosa y celular, presentándose en las oquedades en forma de fibras de un color blanco de perla muy hermoso; fibras al parecer sedosas, y que sin embargo, rayan el vidrio. Esta textura le comunica una ligereza tal, que sobrenada en el agua, siendo bastante comun ver fragmentos de ella en el golfo de Nápoles procedentes de la isla de Lípari trasportadas por las olas y corrientes.

Al soplete la Pomez funde con facilidad sin hinchazon y da un esmalte blanco.

La composicion es casi idéntica á la de la Obsidiana, predominando la Sílice y la Alúmina; circunstancia que la separa algun tanto de los Feldespatos con los que tiene otras relaciones y analogías. La unidad de orígen entre la Obsidiana y la piedra Pomez la confirman los frecuentes tránsitos que se observan de una á otra en las islas de Lípari, en las Canarias y en otros puntos.

Estas circunstancias han hecho decir que entrambas proceden de la misma matriz, probablemente el Feldespato en masa y los Granitos; y que el enfriamiento verificado bajo la influencia de corrientes gaseosas, comunicó á la piedra Pomez la textura que tanto la distingue de la Obsidiana.

Criadero.—En cuanto al criadero de la Pumita, parece natural que sea el mismo que el de la Obsidiana, como lo es en efecto. Hay que ad-

vertir, sin embargo, que la Pumita no se encuentra en corriente ni en masa, sino que parece representar los fragmentos arrojados por las explosiones, á la manera de lo que sucede con la Lava; presentándose en forma de masas irregulares, afectando capas ó hiladas en medio de la Toba, Lápilli y cenizas que constituyen su criadero. La localidad mas notable bajo este punto de vista en Europa es la llamada *Campo bianco*, en la isla de Lípari, junto á la gran corriente de Obsidiana con la cual cierra el cráter del volcan que les dió orígen. Son muchos los miles de quintales que se extraen anualmente de dicho punto para los usos que vamos á indicar. El precio del quintal próximamente es el de 2 rs. vellon. En el distrito traquítico de Mazarron y cabo de Gata, es tambien la Pomez una piedra bastante comun.

Aplicaciones.—Las aplicaciones de la piedra Pomez son mas numerosas y positivas que las de la Obsidiana. Las variedades de estructura porosa y uniforme es sabido de todo el mundo sirven á preparar las piedras y maderas para el pulimento. Cuando se encuentra en fragmentos de bastante tamaño la tallan en pedazos regulares, como he visto en Lípari, y se sirven de ellos como una piedra de construccion excelente, sobre todo por su ligereza para las bóvedas y para aquellos puntos en donde se desea combinar la solidez con el poco peso.

La Toba pumítica es una roca compuesta de la aglutinacion de los fragmentos pequeños, ó del Lápilli y de las cenizas volcánicas de todas especies. De modo que hay Tobas pumíticas, basálticas y lávicas. La pumítica está compuesta de restos de piedra Pomez en su mayor estado de tenuidad; de colores claros, blanco ó gris y tan poco trabados entre sí sus elementos, que la roca es muy friable, deshaciéndose entre los dedos con la mayor facilidad.

Esta roca, que necesariamente se ha de encontrar en el mismo criadero que la Pomez, se emplea en muchos puntos, y sobre todo en la Prusia renana, como excelente material para morteros hidráulicos.

Segunda especie.—Fonolita.

Sinonimia.—Leucostina, Klingstein, Leucostita, Perlita, Perlstein, Estigmítica perlada, Retinita perlada, Pechstein.

Definicion.—Esta roca, llamada Fonolita comunmente, y Klingstein por los alemanes, por el sonido particular que produce cuando se la golpea con el martillo, se compone esencialmente de Feldespato Ortosa y de un silicato aluminoso hidratado con álcalis; fusible al soplete y en

parte soluble en los ácidos. Su aspecto es uniforme y adelógeno, excepto en las variedades aporfidadas; de textura compacta, pétrea ó vítrea, de grano casi microscópico; la fractura es escamosa; de colores varios entre gris pardo algun tanto azulado; algunas veces se presenta prismática como he tenido ocasion de ver en la isla de Panaria (Lípari), si bien no con la regularidad del Basalto. En su composicion suelen presentarse como materiales accidentales la Mica, el Anfibol y el Piróxeno, como se observa en las islas Canarias; sin embargo, casi siempre estas especies se encuentran fundidas en la masa de la roca, y solo la análisis puede revelar su presencia.

Variedades.—La Fonolita, lo mismo que la Traquita, se divide en dos sub-especies fundadas en el aspecto terroso ó vítreo que presentan, alrededor de las cuales se agrupan todas sus variedades, correspondiéndose la Fonolita y la Perlita con la Traquita y Obsidiana, de las que solo las separa la circunstancia de ser aquellas hidratadas y casi siempre mas ó menos solubles en los ácidos.

La primera sub-especie ofrece tres variedades, que son la *porfiróidea* con cristales de Feldespato, la *compacta* y la *pizarrosa*, que es la que por su division en placas da un sonido mas marcado y decidido.

La segunda sub-especie está representada por la Perlita, formada de granos ó nódulos esferoidales vítreos ó anacarados, engastados en una pasta de brillo resinoso; y la Resinita, variedad compacta de aspecto resinoso, como su mismo nombre lo dice. Además existen Conglomerados, Brechas y Tobas fonolíticas que reconocen el mismo modo de formacion indicado en la especie anterior.

Yacimiento.—Las rocas fonolíticas ofrecen las mismas ó muy análogas circunstancias de yacimiento y relaciones geognósticas que las traquíticas, de cuyo terreno, segun Burat, forman el límite superior, lo cual supone que en general son mas modernas. A pesar de esta similitud de caractéres geognóstico-químicos, se distinguen, sin embargo, con facilidad por ser en general el Feldespato en ellas vítreo y de cristales mayores que en las Traquitas; los cristales presentan además hendiduras horizontales, de donde resulta la estructura pizarrosa que en aquellas es muy frecuente.

Localidades extranjeras.—Los Montes Eugáneos é islas de Lípari (Italia): el Cantal y Mont d'Or (Francia): Schlossberg, cerca de Toeplitz: Lambash (Escocia), son las principales en Europa.

Localidades españolas.—El Sr. La Cortina dice haber hallado la Fo-

nolita en los cerros de Sanchorcy (Ciudad-Real); y en mi concepto debe haberla tambien en el distrito de Cabo de Gata.

Aplicaciones.—La variedad pizarrosa se emplea para cubrir los edificios; y de aquí el nombre de La Tuilière (El Tejar) dado á una montaña de la Auvernia formada de esta variedad de Fonolita. Las variedades compacta y porfiróidea pueden servir como piedras de construccion. En cuanto á las Perlitas y Resinitas, son objetos de simple curiosidad científica.

Segundo género.—*Basalto.*

El segundo género de las rocas volcánicas es el de las *basálticas*, llamadas así por ser el Basalto el tipo de todas.

Las rocas comprendidas en este género ó grupo, cuya indicacion haremos mas tarde, de orígen evidentemente ígneo, por mas que algunos lo hayan puesto en duda, ofrecen una porcion de caractéres generales, físicos, químicos y geognósticos que las agrupan alrededor del Basalto.

En general la coloracion de las rocas basálticas es de tintas oscuras; esto justifica el nombre de *negrizales* que dan á las rocas volcánicas los habitantes de Almagro: la textura suele ser uniforme y compacta; la posicion por lo comun intermedia entre las Traquitas y las Lavas; y la forma de las montañas que constituyen no es siempre cónica y crateriforme, tendiendo mas bien á formar mesetas de bordes inclinados dispuestos en forma de escalera, efecto de la estructura prismática que con frecuencia afectan.

Respecto á los caractéres químicos, estas rocas se distinguen, no solo por la naturaleza del Feldespato, que en vez de la Albita ú Oligoclasa es el llamado Labrador, ó de base de Cal, sino que tambien por la presencia de dos minerales, la Anfígena y el Peridoto, que en el grupo anterior no se conocen sino por excepcion, y en el siguiente, si existen, es tan solo como elementos accesorios. Tambien puede considerarse como carácter distintivo de las rocas basálticas la presencia de los minerales dichos Zeolitas que en bellísimos cristales ocupan el intersticio de sus poros y el interior de las cavidades, siendo una de las circunstancias que hacen mas apreciables estas rocas á los ojos del mineralogista.

Primera especie.—Basalto.

Sinonimia.—Dolerita, Mimosita, Basanita, Tefrina, Galinácea, Lava tefríniza, Peridotita, Nefelinita, Frita, Brecha, Toba basáltica, Peperino, Wacka, Trapp en parte, Puzolana &c.

Definicion.—La palabra Basalto la usó ya Plinio, tomada de la voz *Basal*, que en idioma etiópico significa *Hierro*, por su color oscuro: los modernos la aplican á una roca adelógena de textura homogénea y compacta, salvas algunas cavidades que ofrece en su masa; de color azulado oscuro ó completamente negro; muy tenaz, y tan dura que raya el Vidrio; algo sonora, y funde al soplete en un Vidrio negruzco. Se compone de Feldespato Labrador y Piróxeno, unidos de un modo tan perfecto é íntimo que es de todo punto imposible distinguirlos ni aun con el auxilio de fuertes lentes, teniendo que recurrir á la análisis mecánica para apreciar la existencia de estos elementos. A mas de estas dos sustancias, el Basalto presenta como accidentales el Peridoto, el Hierro titanado, la Mica y bastantes silicatos alcalinos llamados Zeolitas, que tapizan sus oquedades. Con frecuencia los minerales esparcidos en su masa se presentan en cristales, dándole un aspecto porfiróideo.

Pero la roca en cuestion, á mas de todos estos caractéres, excelentes para reconocerla en el Gabinete, ofrece, estudiada en su propio criadero, otro de la mayor importancia fundado en su estructura en grande, que es esferoidal y prismática, circunstancia que hace se la distinga á primera vista. La forma globular ó esferoidal es la propia de esta roca, y la que afecta cuando al tiempo de consolidarse no encuentra obstáculos que le impiden desarrollarse. La descomposicion por capas sucesivas, atacando hasta el núcleo mismo, pone de manifiesto esta forma, como demuestra la figura 47. La prismática ó columnar es con-

Figura 47.

secuencia legítima del enfriamiento de varias esferas en sus puntos de contacto; resultando prismas de tres, cuatro, cinco ó mas caras, segun el número de las que mútuamente se han contactado. Tambien en

los mismos se ve la forma esferoidal, sobre todo en los articulados, como se ve en las figuras 48 y 49. Este modo de ser del Basalto comunica

Figura 48.

Figura 49.

á las comarcas en que se encuentra un carácter tan particular y sorprendente por su notable regularidad, que en algunos puntos han merecido nombres especiales, como la *Gruta de los Quesos* en Dietricht, la *Calzada de los Gigantes* en Irlanda, y en el *Vivaray* (Francia). Ha llamado tanto la atencion de los geólogos viajeros esta disposicion de los Basaltos, que algunos, como Breislak y Faujas, han publicado obras especiales sobre esta materia, acompañados de atlas magníficamente grabados en los que se ven representadas las localidades mas célebres. Entre ellas debe citarse la famosa gruta de Fingal, en la isla de Stafa, admirable por su regularidad y belleza, como demuestra la lámina 44 del atlas. Todo el territorio conocido con el nombre provincial de Vivaray, en Francia: en la Auvernia la montaña de Murat, en donde existen columnas de mas de 60 piés de altura: los alrededores del Etna y del lago Bolsena, cerca de Roma, son tambien clásicas. En nuestra Península tambien existen algunas regiones curiosas, entre las cuales citaremos las de Olot y Castellfollit (Cataluña), en donde el Basalto se presenta columnar. A esta region, que ocupa mas de 25 leguas cuadradas, deben referirse igualmente, segun el Sr. Maestre, las localidades de el Bosch de Tosca, Monte de Santa María de la Cot, Gradelles de Santa Pau, Granollers, Masanet de la Selva, Hostalnou, Hostalrich y otras.

La del Campo de Calatrava, cuyos habitantes llaman Hormigon á esta roca, es muy notable y curiosa. Allí se presenta el Basalto, segun el Sr. Naranjo, formando dos líneas paralelas de colinas achatadas casi

en el eje de la cuenca del Guadiana, mezclado con la Pomez, las Tobas basálticas y otros productos análogos. Los puntos mas notables de esta region son Torralba, Ciudad-Real, Ruinas de Calatrava la Vieja, Torrecilla, Pozuelos, Carancel, Picon, Valverde, Piedra Buena, Almodóvar y Cabezastrados.

Por fin, la tercera region es la del Cabo de Gata, y se extiende, como la traquítica, hasta mas allá de Cartagena: ocupa una extension de mas de 25 leguas siguiendo la costa. El Basalto columnar se presenta en el Morron de los Genoveses, y entre este y el Cabo de Palos, que forma el extremo opuesto de esta erupcion, ha dado lugar á una gran rada, uno de los accidentes mas curiosos de dicha costa. Los puntos mas dignos de notarse son el Cabezo de María, junto á Vera, desde esta á Turre, Mazarron, y en la cuesta del Cedacero entre este y Cartagena, en la cuesta de Galifa á una legua al N. O. de dicha ciudad, en la Boca de Oria y otros.

El Sr. Collette refiere igualmente al Basalto unas rocas prismáticas de cinco caras que encontró en el valle frente de Fruniz, á orillas del camino real de Rigostia á Munguia. Por último, el Sr. Schulz dice haber visto esta roca en dique ó filon entre Las Cruces y Larazo (Galicia).

Variedades.—Porfiróideo (Mimosita) con cristales de Labrador engastados en la masa; *granugiento* (Dolerita); en ella el Piróxeno y el Feldespato son visibles, y la fractura cristalina y vítrea (Etna); *compacto; amigdalóideo*, con pequeños glóbulos llenos de carbonato de Cal; *escoriforme* (Tefrina), con celdillas ó cavidades irregulares á manera de escoria; *vítreo* (Galinácea); *prismático, globular* ó *esferoidal; descompuesto* (Wacka); *peridotífero, nefelinífero, micáceo, piroxenífero* con cristales de Piróxeno, y *titanífero*. Además se refieren á esta especie los Conglomerados, Brechas y Tobas basálticas con cenizas sueltas ó aglutinadas que representan los materiales arrojados en las erupciones de aquel período.

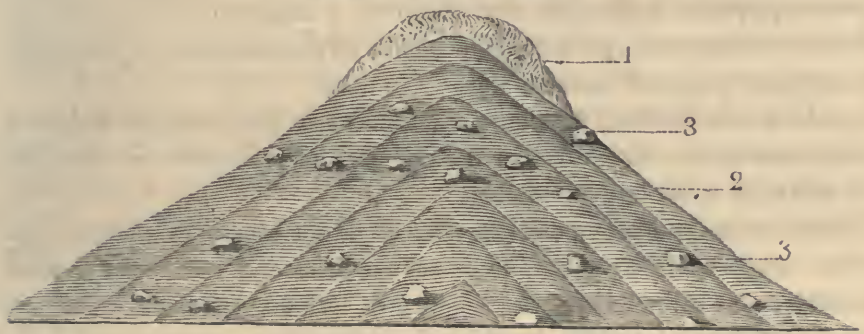
Yacimiento.—Todas las rocas de esta especie, que la analogía de composicion y las relaciones geognósticas han agrupado alrededor del Basalto como tipo, deben, por esta misma razon, considerarse mas bien como variedades de aspecto ó textura, que como verdaderas especies diferentes, como hacen otros. Todas ellas representan el segundo período del volcanismo, ya que, generalmente hablando, sus productos se encuentran entre las Traquitas y las Lavas, por mas que algunos centros basálticos puedan considerarse anteriores á la aparicion de ciertas Traquitas. Sus erupciones se hallan representadas por diques ó filones inyectados en las hendiduras del suelo, y por corrientes acom-

pañadas de materiales de explosion representados por las Cenizas, Brechas, Conglomerados y Tobas basálticas (Peperino).

Por lo que toca á la edad del Basalto, podemos decir que lo hay terciario inferior, como se ve en el Vicentino (Roma), en donde multitud de fósiles idénticos á los de París se encuentran en estratos de productos basálticos descompuestos; en la colina de Gergovia (Clermont), en la que el Basalto se halla cubierto por bancos de Caliza lacustre miocena, y en otros puntos; mientras que en Beaulieu puede decirse mioceno. Las figuras adjuntas demuestran la posicion respectiva del Basalto y el Peperino en la isla mayor de la cordillera de las islas Columbretes frente á Castellon de la Plana; y la de aquel y el terreno plioceno en Val di Noto (Sicilia).

Figura 50.

Corte del cráter de la isla Mayor.



1 Basalto en masa.
2 Peperino en capas.
3 Fragmentos de Basalto en el Peperino.

Figura 51.

Corte del valle de Militello.

1 Caliza terciaria pliocena con el *Cardium edule* y otros fósiles.
2 Basalto columnar.
3 ——— globular ó esferoidal.
4 Capa intercalada de Lava.

La erupcion basáltica ha determinado en muchos puntos verdaderas y muy notables dislocaciones en los terrenos, como por ejemplo, en

los alrededores de Clermont (Auvernia); y un metamorfismo tan avanzado á veces en sus materiales, que en Rougiers y en otros puntos la Caliza ha tomado el aspecto de Mármol sacaróideo, y las Arcillas se han convertido en Jaspes.

Aplicaciones.—El Basalto es una de esas piedras en las que se ve plenamente confirmada la maternal solicitud de la Providencia, pues es tan útil en sus aplicaciones como comun y frecuente en los terrenos modernos.

En su estado de integridad se emplea para muchos usos; la variedad prismática, además de ser objeto de curiosidad científica, se destina para guardacantones en las calles, edificios y carreteras, bastando cortarlos en pedazos de determinada altura, como he visto practicar en Auvernia. Esta variedad la suelen emplear tambien en la construccion, aunque no se presta á ello fácilmente. Reduciéndolo á fragmentos pequeños se emplea para engravar y conservar las carreteras, si bien con mal éxito, pues como la piedra se descompone con facilidad, los caminos se ponen intransitables.

El célebre Breislak dice en sus *Instituciones geológicas* que hubo un tiempo en que se sirvieron del Basalto para la fabricacion de botellas de vidrio en Venecia y Montpeller.

En estado de descomposicion, además de ser objeto de interés científico, proporciona Arcillas y Kaolines excelentes, y una tierra de una feracidad tal, sobre todo para los cereales, que en Auvernia la llaman *tierra fromental*, ó mejor *triguera*, por excelencia.

Entre los productos de la accion explosiva basáltica figuran, como hemos indicado en las variedades del Basalto las Cenizas, el Lápilli y otros, que unas veces permanecen en semejante estado, mientras que otras, habiéndolos aglutinado un cemento calizo ó silíceo, se presentan en forma de Tobas y Conglomerados &c. Entre ellos hay dos, el Peperino y la Puzolana, cuya descripcion se me permitirá trazar en breves palabras, siquiera sea por las muchas aplicaciones á que se prestan.

Peperino.

Definicion.—El Peperino es una roca de textura compacta, brechiforme, de colores varios predominando el gris pardo, rojizo, negruzco y amarillento. Su composicion, bastante compleja, se reduce á elementos de la mayor parte de las rocas basálticas aglutinadas por un cemento calizo ó silíceo, en cuya masa se ven tambien fragmentos de otras rocas como

Calizas, Areniscas &c. de terrenos modernos. Aunque su estructura suele ser compacta, arenosa y tambien térrea, ofrece con frecuencia ciertas oquedades ó grandes intersticios, en los cuales se encuentran Zeolitas muy curiosas, Hierro oligisto en láminas, cristales de Piroxeno, Mica muy bien cristalizada y pequeños glóbulos de Hauyna, cristales de Anfigena y otras sustancias que le dan grande importancia.

Yacimiento.—El Peperino, atendido su orígen volcánico, debe naturalmente encontrarse no lejos del punto de donde procede, pues la descomposicion se verificó en las rocas mismas, y la recomposicion allí mismo. Sin embargo, arrastrados estos materiales por las corrientes que dieron por resultado la formacion del terreno terciario, se encuentran en capas ó estratos perfectamente caracterizados, unas veces horizontales, otras mas ó menos inclinados, y casi siempre conteniendo restos orgánicos de la época á que aquellos pertenecen. De manera que el solo motivo que nos mueve á colocar al Peperino en esta seccion entre las rocas volcánicas basálticas es su procedencia; pues por lo demas deberia describirse entre las rocas estratificadas.

Localidades.—El Peperino es muy comun en los alrededores del Etna: en el Val de Noto (Sicilia): en las faldas del Vesubio, y principalmente en Roma y sus cercanías: tambien existe en varios puntos del Cabo de Gata y Cartagena, y puede decirse que es la roca principal de las islas Columbretes entre la Costa de Valencia y las islas Baleares.

Aplicaciones.—Esta roca se aplica á varios usos, principalmente como excelente piedra de construccion; en la mayor parte de los edificios de los puntos indicados entra esta piedra como elemento principal; la facilidad con que se talla y las grandes masas que pueden sacarse de las canteras son circunstancias muy adecuadas á la aplicacion que acabamos de indicar.

Puzolana.

Definicion.—La *Puzolana*, y mejor ó mas propiamente *Pozzuolana* por su procedencia, roca célebre por sus aplicaciones, no es mas que una especie de Peperino friable, poco coherente, de estructura arenosa ó de grava formada de la aglomeracion de los materiales mas ténues, Cenizas y Lápilli basáltico, y cuyo nombre nos recuerda el pueblo de Pozzuolo, cerca de Nápoles, de cuyos alrededores procedia la mayor parte de la que se empleaba en los morteros ó cementos hidráulicos en tiempos antiguos.

Los romanos hicieron gran uso de esta sustancia en sus construcciones admirables; siendo tan enormes las excavaciones que practicaron

para procurársela, que hoy dia casi puede recorrerse subterráneamente toda Roma: excavaciones que en tiempos posteriores adquirieron gran celebridad por haber servido de abrigo, y muchas veces de tumba, á los primeros cristianos perseguidos por el paganismo. Hoy constituyen las famosas Catacumbas que excitan justamente la admiracion de cuantos extranjeros visitan la Ciudad eterna.

Localidades.—Por mas que esta roca lleve el nombre de la localidad de donde se extrajo por primera vez, no obstante, se encuentra igualmente en otros puntos. Así es que en Roma mismo y en sus alrededores, en los del Etna y del Vesubio, es abundante; tambien en el distrito volcánico de Cataluña, en Gradelles de Santa Pau, se explota y exporta para nuestras costas del Sur, en las islas Columbretes existe en gran cantidad esta sustancia. La importancia, sin embargo, de esta roca disminuyó considerablemente el dia en que se averiguó que no solo la mayor parte de las Tobas y Cenizas volcánicas, sino tambien ciertas mezclas de Cal y Arcilla, como veremos á su debido tiempo, dan los mismos resultados en la preparacion de los morteros hidráulicos.

Aplicaciones.—Para servirse de esta sustancia, los antiguos la pulverizaban y mezclaban con cierta cantidad de Cal y Arena, adquiriendo á beneficio de la parte silícea y arcillosa de la Puzolana, la excelente propiedad de fraguar muy pronto al contacto del Agua; circunstancia que la utilizaban en la construccion de esos monumentos que nos ha legado su grandeza y magnificencia.

Segunda especie.—Leucitófido.

Sinonimia.—Anfigenita, Pórfido y *Lava anfigénica &c.*

Definicion.—Otra de las rocas interesantes de este género es la Anfigenita, llamada vulgarmente por los italianos *Leucitófido*, por ser en realidad un Pórfido de base de Anfigena ó Leucita, y Piróxeno con cristales muy numerosos de entrambas sustancias. Los colores de esta roca son generalmente claros; la textura algo porosa y porfiróidea, ofreciendo en algunos puntos, y en especial en el volcan de Rocamonfina junto á Sessa, (campos flegreos napolitanos), cristales de Anfigena tan extraordinarios por su tamaño, que son la admiracion de cuantos los ven. En 1852 recogí algunos del tamaño de una naranja regular.

Variedades.—Porfiróidea por llevar cristales de Anfigena (Rocamonfina y Somma); *celular*, *vítrea* y *escoriacea; labradorífera* con cristales de Labrador (Rocamonfina y Viterbo); *piroxenífera* con cristales de Pi-

róxeno Augita en su masa, (Fossa grande, Vesubio y Rocamonfina); *peridotífera* con Peridoto. (Somma y volcanes del Lacio) &c. Tambien se encuentra un Conglomerado anfigénico muy abundante en Rocamonfina y en los volcanes de la Campania.

Yacimiento.—Aunque perteneciente al grupo basáltico por su composicion y relaciones geognósticas el *Leucitófido*, participa ya de muchos caractéres distintivos de las Lavas modernas, sobre todo en el modo de presentarse en grandes masas, afectando montañas con verdaderos cráteres, en capas ó corrientes, filones, diques &c. Los dos puntos mas notables bajo este punto de vista son, el célebre volcan ya citado de Rocamonfina, por sus enormes Anfigenas; y la Somma, primitivo volcan, en cuyo cráter apareció en el año 79 de nuestra era el actual Vesubio. Entrambos á dos ofrecen el modelo ó tipo mas acabado de lo que hoy se ha convenido en llamar *cráter de levantamiento y erupcion*: formado de una llanura limitada por un monte circular ó semi-circular, y de cuyo centro surgió posteriormente un cono volcánico que levantó y dislocó las capas de aquel. Lo único que los distingue es que en el de Rocamonfina fueron las Traquitas las que determinaron el levantamiento que en el Vesubio fué producido por Lavas modernas.

Aplicaciones.—El Leucitófido es una excelente piedra de construccion; pudiendo decir que es la principal y casi la única que se emplea para este uso en todos los pueblos inmediatos á estos dos puntos. La mayor parte dé los edificios y monumentos de Pompeya están construidos con esta roca.

Además sirve tambien para piedras de molino, á cuyo uso la destinaban ya los habitantes de Pompeya, como tuve ocasion de ver en 1852 y 1853.

Tambien esta roca se descompone fácilmente, dando por resultado una tierra vegetal excelente.

TERCER GÉNERO.—*Lava.*

A este género ó grupo de rocas corresponden todos los caractéres físicos y geognósticos que indicamos en la seccion cuarta, página 51, pues en general nos referimos á estas rocas, al decir que la forma de las montañas volcánicas es cónica por lo comun, terminadas por un cráter en la cima.

Este género se divide á su vez como los anteriores en dos especies á saber, Lava y Azufre.

Primera especie.—Lava.

Sinonimia.—Tefrina, Augitófido, Lapilli &c.

Definicion.—Alrededor de esta especie se agrupan todos los productos sólidos de los volcanes crateriformes asi antiguos como modernos. De modo que la palabra Lava se refiere mas bien al modo de estar de ciertas rocas y á sus relaciones geognósticas, que á la composicion, que es varia.

La Lava, de consiguiente, es una roca ó grupo de rocas de colores generalmente oscuros, de estructura porosa ó celular, de tacto áspero y desagradable; unas veces de pasta adelógena uniforme, otras porfiróidea por los cristales de Piróxeno y Feldespato que salpican su masa: que se encuentra en forma de coladas ó corrientes, de diques, filones, y masas sueltas é incoherentes, pasando por todos los grados desde la mayor compacidad hasta el estado de Lapilli, Arena y Cenizas, sin variar por eso su composicion íntima.

De los dos nombres Lava y Tefrina con que generalmente se la designa, el primero representa el estado compacto, y el segundo el celular y poroso por asemejarse mucho por su textura á una escoria de mineral.

Los fragmentos sueltos, que por efecto de la explosion y de su rotacion en la atmósfera, adquieren formas esferoidales, ya hemos dicho llamarse bombas y lágrimas volcánicas.

Variedades.—Atendida la variada composicion de la Lava, sus diferentes variedades las referiremos al Feldespato que en ellas predomina.

Variedades de base de Ortosa.—*Porfiróidea* con cristales de Riacolita (Islandia, Vesubio &c.)

Idem id. de Oligoclasa.—Lava *oligoclásica* (Tenerife.)

Idem id. de Labrador y Piróxeno.—*Compacta* parecida al Basalto (Vesubio, Etna): *celular* y *escoriforme* (Tefrina): en cordones (Etna y Vesubio): *piroxenifera* ó Pórfido augítico con cristales de Piróxeno en una pasta de Labrador (islas de Lípari, Vesubio y Auvernia): *anfigénica* (Vesubio, lava de 1794 y 1835): *peridotífera* (Vesubio, Etna): *ortosífera* por llevar cristales de este Feldespato (Vesubio) &c. Además hay entre los productos lávicos, Conglómerados, Brechas (Peperino), materias incoherentes (Lapilli, Arenas y Cenizas) y Tobas lavicas (Herculano, Auvernia &c.)

Localidades extranjeras y españolas.—La inmensa mayoría de los

volcanes en actividad y muchos de los apagados y Azufrales. se pueden considerar como el yacimiento propio de todos los productos lávicos. El Etna, el Vesubio, Stromboli, varias islas del Archipiélago griego. el Ecla en Islandia y en España algunos puntos de la region catalana y cabo de Gata, pueden citarse, al menos en Europa, como puntos clásicos para la Lava, Cenizas., Lapilli &c.

Aplicaciones.—La Lava en su estado de integridad se emplea como excelente piedra de construccion; para lo cual reune las ventajas de su solidez, y la posibilidad de suministrar grandes masas, por mas que esto sea algo costoso. Cortada en grandes placas sirve para el empedrado. Las calles de Pompeya, Nápoles, Catania y Mesina, así como la mayor parte de las vias romanas de aquella parte de Italia están embaldosadas con Lava.

Las Cenizas, Grava y Arena se emplean en la preparacion de argamasas y tambien para cementos hidráulicos. mezclándolas con la cantidad conveniente de cal.

La Lava en estado de descomposicion no solo suministra sustancias arcillosas muy útiles para la fabricacion de ladrillos, tejas, vasijas &c.. sino que proporciona una tierra vegetal tan feraz, sobre todo para los cereales, arbolado y vid, que la cantidad de sus productos, y muy principalmente su esquisita calidad es proverbial. Dígalo, sino, la Flora del Etna y del Vesubio; y los vinos *Lacrima cristi* de este, la rica Malvasía de Stromboli, y la pasa de Corinto que con tanto éxito se cultiva en todas las islas de Lípari.

Segunda especie.—Azufre.

La sola consideracion del orígen ó procedencia de esta sustancia del interior del globo, y las relaciones íntimas que la unen en muchos casos con los productos volcánicos, es lo que nos obliga á colocarla á continuacion de la Lava.

Definicion.—Esta roca se halla exclusivamente formada por el Azufre, cuyos caractéres no indicamos por ser conocidos de todo el mundo.

Variedades.—*Compacto*, *granular estalactítico*, *gutular*, como lo he visto en el Azufral de Vulcano (Lípari); *terroso*, mezclado con algo de Arcilla &c.; el cristalizado es del dominio de la Mineralogía.

Yacimiento.—El Azufre se encuentra en la mayor parte de los volcanes activos, y principalmente en los que por razon de su abundancia llevan el nombre de Azufrales; y tambien en los terrenos de sedimento.

En estos aunque se dice haberlo encontrado en los antiguos en América y en los secundarios, sin embargo, su verdadero criadero es el terciario inferior ó nummulítico; sin que esto sea decir que no se encuentre tambien en el medio y superior.

Respecto á la procedencia de esta roca es clara y evidente cuando se trata de los depósitos volcánicos; estando casi todos los geólogos acordes en considerarla como resultado de la descomposicion, al aire libre, del ácido sulfídrico que en gran copia sale del interior de la tierra. La cuestion no se presenta tan clara cuando se trata del Azufre interpuesto entre las arcillas y calizas terciarias. Sin embargo, Coquand es de parecer que su orígen es el mismo, fundándose en la singular trasformacion de los fósiles en Azufre, de Libros (Teruel); en la asociacion de esta sustancia con la Sal comun, el Yeso y las materias bituminosas y en la dislocacion de los estratos que se observa en los criaderos de Salies (Bajos Pirineos) y Conil (España). Paillette cree que el Azufre puede ser resultado de la descomposicion del Yeso por las materias orgánicas que contienen las Margas, favorecida por la accion del calor y demas agentes volcánicos que desde épocas muy remotas han obrado en Sicilia.

Localidades extranjeras.—Los centros principales de produccion azufrera en el extranjero son Valgornera, Católica, Giangiana y otras localidades terciarias en Sicilia; no el Etna como equivocadamente dice el Sr. D'Orbigny en su Tratado de Geología aplicada; el Azufral de Vulcano (Lípari) y el de Pozuolo (Nápoles), Salies (Francia) &c.

Localidades españolas.—Los puntos mas famosos en la Península son Conil; no *Conilla*, como dió en llamarle Mr. Dufrenoy en su Tratado de Mineralogía, de donde lo han tomado despues D'Orbigny, Coquand y otros; Hellin, Libros y algun otro de menor importancia. El de Conil (provincia de Cádiz) es famoso por haber suministrado cantidades considerables de esta sustancia, y los cristales mas bellos que se conocen en el mundo, constituyendo hoy una de las joyas mas estimadas del Museo de ciencias naturales de Madrid. El criadero de Libros es curioso por presentar un hecho único, que yo sepa, y es la trasformacion de los fósiles Planorbis, Lymneas y otros, todos lacustres y terciarios medios, en Azufre.

Aplicaciones.—La principal aplicacion de esta materia es á la fabricacion del ácido sulfúrico y de la pólvora; tambien á la preparacion de las pajuelas enzofradas á pesar de haberle quitado el fósforo gran parte de importancia á este ramo de industria; se emplea en estado de ácido sulfuroso para blanquear telas; en Medicina se usa contra muchas en-

fermedades cutáneas y otras; por fin, el uso de esta sustancia se ha recomendado contra el oidium en estos últimos años.

SEGUNDA CLASE.

Rocas neptúnicas.

Terminado ya el exámen de las rocas de la primera clase en sus tres órdenes cristalinas, porfídicas y volcánicas, estamos en el caso de pasar al estudio de las comprendidas en la segunda, es decir, al de las llamadas de sedimento ó neptúnicas.

Esta clase ofrece caractéres generales que sirven para distinguirlas de las otras, y son: 1.° la estructura en grande ó el modo de estar que es en capas ó *estratos* en la verdadera acepcion de esta palabra; y 2.° la presencia de restos orgánicos que sirven al propio tiempo para apreciar la edad relativa de las rocas y de sus agrupaciones, en lo que se llama *terreno* y *formacion*. Además puede presentarse como carácter de menor importancia, si se quiere, el que en vez de ser de primera accion formadas por la naturaleza como las ígneas, son, por el contrario, resultado de la descomposicion mas ó menos completa de rocas preexistentes. Por último, las primeras han sido producidas por la accion del fuego; mientras que las de sedimento son obra de las aguas, como lo confirma, entre otras cosas, la analogía que existe entre estas rocas y las que en la época actual son resultado de la accion de este elemento en el álveo de los rios, en los deltas y en los lagos y mares.

Las rocas de esta clase se dividen en dos órdenes; en el primero colocamos las que por conservar su estado primitivo se llaman normales; y en el segundo las metamórficas por ser tambien de sedimento, pero mas ó menos alteradas posteriormente por la influencia de elementos diversos.

PRIMER ÓRDEN.

Rocas neptúnicas normales.

Las rocas de este órden participan de los caractéres generales asignados á la clase; distinguiéndose únicamente de las del segundo, en que tanto consideradas aisladamente, como agrupadas formando terre-

*

nos, no ofrecen señales de cambios ó dislocaciones notables; presentándose siempre de una manera uniforme.

Este órden se divide en dos géneros principales segun el modo de verificarse el sedimento, que puede ser químico ó mecánico.

PRIMER GÉNERO—*Rocas de sedimento químico.*

En este género colocamos todas las rocas cuyos elementos estuvieron primitivamente en disolucion en algun líquido del que se precipitaron despues, dando lugar á masas de aspecto algun tanto cristalino. Se divide en varias especies entre las cuales la primera es la de las rocas calizas.

Primera especie.—Caliza.

Sinonimia.—Limestone (inglés), *Kalkstein* (aleman), *Creta, Toba, Travertino, Pizarra caliza, Marga &c.*

Definicion y caractéres.—Las rocas calizas ofrecen diferentes caractéres físicos y exteriores; si bien en el fondo todas reconocen la misma composicion representada por el carbonato de cal, resultado de la combinacion del ácido carbónico con el óxido cálcico, ó sea la cal viva, en la proporcion de dos átomos de aquel por uno de esta.

Las diferencias de aspecto, de textura, de color &c., dan márgen al sinnúmero de variedades que de esta roca se admiten hoy dia; pero todas participan de los siguientes caractéres.

1.° La insolubilidad en el agua, á menos de no poseer un exceso de ácido carbónico; y la solubilidad con efervescencia viva en los ácidos, resultado del desalojamiento del ácido carbónico que se desprende, como en la Cerveza y el vino de Champaña, en burbujas abundantes.

2.° La trasformacion en cal viva por la accion del calor.

3.° El peso que es dos veces mayor que el del agua destilada.

4.° Su escasa dureza que permite las raye la navaja ó el vidrio; siendo despues del Yeso y el Talco las sustancias mas blandas que se conocen.

Prescindiendo de los caractéres de presentarse en capas ó estratos y de llevar fósiles en su seno, pues estos son comunes á toda la clase, y dejando para mas adelante la indicacion de sus numerosas aplicaciones, veamos de qué modo se pueden distribuir sus numerosas variedades para darlas á conocer con método y claridad.

Variedades.—Las variedades de la especie caliza pueden agruparse alrededor de las rocas *simples* formadas tan solo de carbonato de cal, ó de las *compuestas* que son las que además llevan otra ú otras sustancias que les imprimen carácter. Unas y otras pueden presentarse agregadas, conglomeradas y sueltas ó incoherentes.

Calizas simples agregadas.—Raras veces las rocas calizas se presentan perfectamente puras (1); cuando menos ofrecen algun principio tinturante que les da el color, ó alguna sustancia bituminosa que les comunica un olor particular.

Caliza incrustante. Alabastro calizo.—Cuando son del todo puras las calizas se presentan blancas mas ó menos cristalinas ó mates, y de textura compacta, terrosa, ó granugienta. La que bajo este punto de vista ocupa el primer lugar es la conocida con los nombres de Travertino, Toba caliza ó Caliza incrustante, resultado de la disolucion del carbonato de Cal en las aguas cuando lleva un exceso de ácido carbónico, y de su fijacion alrededor de los objetos que encuentra á su paso.

Cuando esta operacion se verifica en las cavernas, da lugar á esas columnas tan caprichosas que bajo el nombre de *estalactitas* forman el adorno de los subterráneos naturales; las contracolumnas que se depositan en el fondo ó suelo se llaman *estalacmitas*. De unas y otras procede la roca llamada Alabastro calizo para distinguirlo del yesoso, compuesto de capas ó fajas concéntricas y ondulosas que constituyen su mejor carácter y belleza. Todos los Mármoles que vulgarmente se llaman de fajas ó aguas, son en rigor Alabastros calizos: cuando su color es blanco ó amarillento, trasluciente en su masa, y las zonas ó fajas blancas, mate ó de color de miel ó caramelo, reciben el pomposo nombre de Alabastro oriental.

Oolitas y Pisolitas.—Cuando el carbonato que llevan disuelto las aguas en vez de depositarse por filtracion, se agrupa alrededor de una burbuja de aire, grano de arena ó cuerpo orgánico en aquellos puntos en que las aguas están agitadas, se forma primero un núcleo que va engrosando por capas, dando lugar á las que se llaman Oolitas, si los granos son muy pequeños; y Pisolitas si son de bastante tamaño y aparentes las capas concéntricas que las forman. La aglutinacion de las Oolitas y Pisolitas da lugar á una caliza que se distingue con los nombres de oolítica y pisolítica. Los confites de Tívoli son Pisolitas sueltas

(1) La análisis ha demostrado que hasta las calizas consideradas como las mas puras, contienen Magnesia en mayor ó menor proporcion.

formadas por las aguas del rio Teverone, en el pueblo de dicho nombre cerca de Roma, en donde he tenido ocasion de estudiar su formacion: lo mismo que los de la Fuente S. Felipe (Toscana): los de Carlsbad, que son de Aragonito y otros muchos. El Sr. Virlet d'Aoust, en una Memoria leida en Diciembre de 1857 ante la Sociedad geológica de Francia, acerca de la formacion de las Oolitas y masas nodulosas, dice haber presenciado en el lago Texcoco (Méjico) la de la Caliza oolítica, debida á la consolidacion ó fijacion del carbonato de Cal alrededor de cada uno de los huevos, que en número prodigioso, depositan en el fondo de las aguas la *Corixa femorata* y la *Notonecta unifasciata*, insectos hemípteros de la tribu de los Notonectideos. De tan curiosa observacion y de la no menos importante, consignada por Ehrenberg, de que el centro de las Oolitas de Alemania é Ingleterra se halla ocupado por infusorios, deduce aquel distinguido geólogo, que se puede explicar por una causa análoga la formacion de estas rocas que tan desarrolladas se hallan en determinados terrenos.

El encontrarse el núcleo de las Oolitas unas veces hueco, otras lleno se explica, segun Virlet, porque en el primer caso habiendo permanecido el huevo intacto desapareció despues por reacciones químicas; mientras que habiéndose roto en el segundo, la materia caliza ocupó su lugar, adquiriendo la forma de los objetos que le sirven de núcleo.

Incrustacion y petrificacion.—Aunque solo sea de paso debemos indicar la diferencia que existe entre lo que se llama *incrustacion* y *petrificacion*, pues muy á menudo se confunden, faltando á la exactitud del lenguaje. En la *incrustacion*, el objeto sin variar de naturaleza, se cubre de una capa de sustancia caliza ó de otra materia cualquiera; mientras que en la *petrificacion* ó en el *fósil*, subsistiendo tan solo la forma, la sustitucion de la materia animal ó vegetal por una sustancia inorgánica ha sido completa.

Yacimiento.—De estas variedades de rocas calizas, el Alabastro es comun en las cavernas ó grutas; el Travertino ó Toba, no lejos de las fuentes que llevan el carbonato de Cal en disolucion; las Oolitas son tan comunes en el terreno jurásico, que todo él y muy particularmente los pisos de la grande y de la inferior Oolita, han merecido este nombre por excelencia. Tambien se encuentran, aunque no tan desarrolladas, en el cretáceo y terciario. Las Pisolitas son menos comunes, si bien se encuentran en el terreno jurásico, en el piso neocómio del cretáceo, y en el terciario: siendo notable el horizonte geognóstico, que por esta razon se llama de la Caliza pisolítica en los alrededores de París.

Localidades españolas.—Todas estas rocas son tan abundantes, que me limitaré á indicar algunas localidades de la Península, por el interés que deben inspirar.

La Toba caliza existe en las Peñas de Agustina y en la Cueva de las Maravillas (Segorbe): entre la Alcudia y Mogente, ferro-carril de Valencia: en Ruidera, Albacete, Valdesotos, Checa, Molina, Guadalajara, Coin, y en vários otros puntos. Los Alabastros de la provincia de Granada son notables por su belleza.

La Caliza oolítica se encuentra en Almiruete, cerca de Tamajon, en Rubielos y en otros puntos.

La pisolítica en Reoli, cerca de Alcaráz, en Ossa de Montiel, en Jérica &c.

Mármoles.—La Caliza simple agregada con colores ó sin ellos, cuando se presenta compacta, de textura igual y se presta al pulimento, recibe la denominacion de Mármol. Sus variedades son infinitas y la clasificacion muy difícil, pues en cada localidad reciben nombres distintos.

Yacimiento.—Los Mármoles pertenecen á todos los terrenos; así como respecto á los colores recorren toda la escala de tintas imaginables.

Sin entrar en el exámen detallado de cada uno, pues en último resultado su composicion es idéntica, variando tan solo en los principios tinturantes y en alguno que otro accidente exterior, bastará hacer una indicacion de los mas principales.

Piedra litográfica.—Dejando aparte los estatuarios, pues pertenecen con otros al órden segundo ó sea al de las rocas metamórficas; y aunque comunmente no suele darse el nombre de Mármol al que vamos á describir, sin embargo, merece colocarse entre ellos por participar de los caractéres que les hemos asignado, y por su importancia industrial.

La *Piedra litográfica* es de color variable, por lo comun de tintas claras, amarillenta ó gris, algo súcias; pero lo que principalmente distingue á esta roca importantísima, es la textura de grano muy fino, algo porosa, que deja penetrar con facilidad en su masa las materias grasas de la tinta y lápiz con que se escribe ó trazan sobre su superficie los dibujos.

Yacimiento.—Esta piedra, que con razon se la puede llamar preciosa atendida la importancia de sus aplicaciones, se encuentra en los terrenos jurásico y cretáceo; siendo un excelente indicio para encontrarla la presencia de capas de Arcillas y Margas, alternando con las Calizas en grandes bancos, supuesto que participa algun tanto de la naturaleza ar-

cillosa, como es fácil advertir por el olor terroso que despide cuando se le aplica el aliento. Tambien conviene tener presente que la Piedra litográfica no ha dejado de sufrir algun principio de metamorfismo, si bien no muy avanzado, para poderse dedicar á buscarla. Bien merece estos detalles y noticias indagatorias una Piedra cuyas aplicaciones reasumidas en su propio nombre son de tal importancia, que el hallar una cantera de buena calidad, equivaldria á la mejor mina de metales preciosos.

Localidades.—La mejor Piedra litográfica, y la mas apreciada en el comercio es la de Pappenheim (Baviera) perteneciente al terreno jurásico. En Francia se conocen algunas localidades; y en España, en las Provincias Vascongadas está en explotacion en el monte Jaitzguibel, jurisdiccion de Fuenterrabía (Guipúzcoa), tambien en el terreno jurásico: en Monte Ulia ó Sierra de Miral, entre Pasajes y San Sebastian, en el llamado Garato cerca de Guetaria, en Mullavia y Maruclas, entre Bilbao y Munguía: en Avilés (Asturias): en la Sierra de las Culebrinas cerca de Lorca, segun el Sr. Guirao: al O. de Briviesca y en Alhama de Aragon, de donde he visto muy buenos ejemplares que ensayó con éxito en Madrid el litógrafo Bachiller: en Alcalá de la Selva, y en muchos puntos del terreno cretáceo de Castellon, es comun esta piedra, si bien de calidad inferior.

Mármol negro carbonífero.—Entre los que propiamente se llaman Mármoles, es notable el negro manchado de blanco por los cortes de conchas y otros fósiles que encierra, correspondiente al terreno del carbon de piedra; razon por la cual se llama tambien Mármol carbonífero. Dos cosas lo distinguen, á saber: el color negro y el olor aromático, debido uno y otro á los principios carbónicos y bituminosos que encierra.

Yacimiento y localidades.—Propio del terreno de su mismo nombre, es comun en todos los distritos de Carbon de piedra; pero los mas estimados en el comercio para objetos de adorno, tablas, chimeneas &c., son los de la provincia del Hainaut, en Bélgica.

Mármol lumaquela.—Algunas veces los fragmentos de conchas y otros fósiles que se presentan en la anterior variedad, forman, por decirlo así, la parte principal de la masa; en cuyo caso el Mármol se llama *Lumaquela*, nombre usado por primera vez por los canteros italianos y admitido en el lenguaje científico: de hermoso efecto cuando se talla y pulimenta, pues la variada posicion de los fósiles da lugar á mil caprichos que se destacan del fondo de color uniforme, que corresponde al

cemento que los aglutina. A veces las conchas han conservado el Nácar y brillo natural, y entonces la *Lumaquela* se llama noble.

Yacimiento.—Este Mármol es muy comun en los terrenos jurásico y cretáceo de Inglaterra, abundando no poco en España. El Mármol Ammonitífero de Cabra pertenece al primero; y al segundo ó cretáceo muchos de la provincia de Castellon, sobre todo en Alcalá de Chivert, Morella &c.

Mármoles blancos.—Tambien entre los no metamórficos existen Mármoles blancos de textura compacta, á veces arenosa y hasta cristalina, producto de precipitacion química.

En el reino de Valencia son muy comunes estos Mármoles, en el terreno cretáceo; y adquiere en muchos puntos gran desarrollo.

Cuando las Calizas se componen de nódulos, tubérculos ó fragmentos de la misma naturaleza reunidos ó aglutinados por un cemento calizo, reciben el nombre de *rocas conglomeradas.*

Calizas simples conglomeradas.—La primera de estas es el Mármol tuberculoso que se distingue por sus glóbulos, que son cilíndricos en vez de esféricos como en los pisolíticos.

Brocatela.—Cuando estos glóbulos ó tubérculos son irregulares é incompletos, y se presentan penetrándose mútuamente, recibe el Mármol el nombre de *Brocatela*; sumamente agradable á la vista despues de pulimentado, y del cual somos casi los únicos poseedores en las canteras de las inmediaciones de Tortosa, pertenecientes al terreno cretáceo ó al nummulítico. La cantidad anual de explotacion y exportacion de este Mármol en la indicada localidad es muy respetable.

Mármol en brecha.—Cuando en vez de los tubérculos ó nódulos la piedra se compone de fragmentos angulosos y desiguales reunidos por un cemento cualquiera, se llama *Mármol en brecha*, de muy buen efecto, sobre todo, cuando los fragmentos no son desmesurados y reunen un variado juego de colores destacándose de un fondo uniforme.

Mármol pudinga.—Cuando en vez de ser angulosos los fragmentos son redondeados como pequeñas chinas ó guijarros, el Mármol recibe el nombre de *pudinga.*

Yacimiento.—Las dos especies anteriores son muy comunes y forman bancos de gran espesor en los terrenos cretáceos de la provincia de Castellon, y muy particularmente en la costa desde Peñíscola hasta Torreblanca, pasando frecuentemente á la *Lumaquela* y presentando señales evidentes de su destruccion por las aguas del mar.

Creta.—La Creta es una piedra caliza, unas veces simple, otras mezclada con algo de Arena, Sílice, Arcilla ó fragmentos pequeños de fó-

siles; blanca por lo comun; algo áspera al tacto, friable; de textura pulverulenta y deleznable; pudiendo considerarla como la Caliza terrosa por excelencia: tizna los dedos; se pega un poco á los lábios cuando contiene Arcilla; y se presenta en capas de gran espesor en diferentes terrenos, pero en especial en el que se designa por su predominio con el nombre de Cretáceo.

Al tratar de este período geológico, veremos cuáles son los caractéres particulares que lo distinguen de los demas, fundados principalmente en la presencia de nódulos ó riñones de Pedernal alternando con capas de Caliza.

La *Creta* se deja embeber, y hasta se deslie casi completamente en el agua.

Observada al microscopio esta roca importantísima, aparece formada, segun dice Ehrenberg, de una parte cristalina esencialmente mineral, y de otra orgánica compuesta de la acumulacion de despojos de animales microscópicos llamados Foraminíferos, pertenecientes á las familias de los Politalamios y Nautilitidos, de una pequeñez tal, que se calcula que 500 gramos de Creta contienen 10 millones de individuos. Si se reflexiona que hay depósitos de Creta de mas de 300 metros, de espesor, se tendrá una idea del número incalculable de estos seres invisibles á la simple vista, y del poder del organismo en determinadas épocas de la historia del globo.

Yacimiento.—En estado de verdadera Creta se presenta, y la he visto en capas muy considerables en Meudon (alrededores de París): en el territorio de la Champagne, en donde se cultiva la vid que suministra el excelente vino de este nombre, y en muchos otros puntos: en Rusia, esta roca blanca y manchadiza, forma parte del terreno carbonífero.

En España, aunque no es comun, se la ve en los Pirineos, en la provincia de Castellon y en otras localidades, pertenecientes al terreno de su mismo nombre: tambien se encuentra en el jurásico y en los terciarios, aunque no tan abundante como en los anteriores.

Aplicaciones.—Prescindiendo de los tránsitos insensibles de esta roca á la Caliza compacta, propia para la construccion, la Creta tal cual la acabamos de describir, se destina á muchos usos de la mayor importancia. Pulverizada y tamizada se emplea para limpiar los metales, en especial los utensilios de Plata y Cobre, y tambien los objetos de cristal. Pero tanto para este como para otros usos, se prefiere tomarla preparada; en cuyo caso se la conoce, sin saber por qué, con el nombre de Blanco de España. Esta preparacion se verifica desliéndola primero en el agua, y

dejándola despues reposar para que vayan al fondo las partes mas bastas; luego se decanta el líquido que arrastra las partículas mas finas: se repite dos ó tres veces la operacion, segun el grado de tenuidad que se desee; se deja secar por evaporacion; y cuando la pasta ofrece cierto grado de consistencia, se le da por medio de moldes la forma que se quiere, conforme al objeto á que se la destina. En este estado se emplea para escribir en los encerados; para dibujar y hacer demostraciones en las cátedras; en la pintura al temple, y como base de la del pastel; para el vaciado en la escultura, en las molduras doradas y para una infinidad de otros usos.

Los dos grandes centros de explotacion y preparacion de esta sustancia, son: Meudon, en los alrededores de París, y la Champaña.

Caliza basta.—La Caliza basta es una especie de conglomerado de fragmentos de todas formas y tamaños de conchas, zoofitos y otros fósiles, al parecer reunidos por un cemento calizo. Roca de aspecto poroso, bastante tierna y fácil de labrar cuando sale de la cantera; pero que despues se endurece convirtiéndose en una excelente piedra de construccion. Todos los edificios de París están construidos con esta piedra, á la que en rigor, á lo menos para aquella localidad, debia dársele el nombre de preciosa.

La estructurá porosa la distingue del Mármol *lumaquela*, que es compacto.

Yacimiento y localidades.—La caliza basta se presenta en bancos de grande extension, no solo en los terrenos terciarios, como en París, que tiene su asiento sobre esta roca, sino tambien en los cretáceos, como en Maestricht, Holanda y en otros puntos.

Rocas calizas compuestas.—En rigor, raras veces las rocas calizas se presentan puras; siendo lo comun verse mezclados sus elementos con sustancias diversas, dando orígen á rocas diferentes de las descritas hasta aquí.

Caliza silícea.—Una de las mas comunes entre las compuestas es la llamada Caliza silícea, efecto de la penetracion en su masa de una cantidad mayor ó menor de Sílice, circunstancia que le da un aspecto mate; la textura se hace mas compacta, y la roca adquiere tanta dureza que da chispas con el eslabon. Esto y el no hacer efervescencia tan viva cuando se la ataca por los ácidos, y el dejar un resíduo ó esqueleto silíceo tratada por estos, son los caractéres que la distinguen de las demas.

La mayor parte de las Calizas llamadas lacustres por su procedeu-

cia pertenecen á esta especie; reconociéndose su orígen por la naturaleza de los fósiles, que son muy distintos de los de las capas marinas, como daremos á conocer mas adelante.

Localidades extranjeras.—En el extranjero esta Caliza es comun, y se la puede ver en todo el territorio de la Brie, de donde procede el ricó queso así llamado; en Beaulieu, cerca de Aix, en Gergovia (Auvernia), y en otros muchos.

Localidades españolas.—La mayor parte de las Calizas lacustres terciarias de las dos Castillas, en particular la famosa de Colmenar Viejo, lo mismo que la de Carratraca, y alrededores de Málaga, y otros mil puntos, son mas ó menos silíceas.

Es muy comun en las Calizas silíceas, sobre todo en las lacustres, encontrar convertidos en Sílice hasta los fósiles mismos, así animales como hojas y troncos de plantas, como he visto y recogido ejemplares en los terrenos terciarios de la Auvernia y en los alrededores de París.

Mármol ruiniforme.—No tan abundante como la variedad anterior, pero tanto ó mas curiosa, es la que se conoce con el nombre de Mármol en ruinas; que consiste en una Caliza algun tanto arcillosa que se ha dejado penetrar por una materia ferruginosa á través de las hendiduras que ofrece su textura nada compacta; materia que con sus diversas tintas comunica un aspecto tan irregular á la roca, que cuando se corta en placas imita todos los caprichos de que es susceptible un edificio ó una ciudad en ruinas ó incendiada.

Yacimiento y localidad.—Este Mármol se encuentra en el terreno cretáceo; y por ahora casi su única patria es la Toscana, no lejos de Florencia; en donde se labra y vende á muy buen precio, pues es piedra estimada por el caprichoso efecto de sus dibujos.

Mármol rojo antiguo.—El célebre Mármol rojo antiguo, tan apreciado de los romanos por la uniformidad y belleza de sus vivos colores, y del cual nos han legado objetos tan preciosos como los Faunos que se conservan en los Museos del Capitolio y Vaticano en Roma, es una roca caliza mezclada en determinadas proporciones con Pizarra, teñida de color de carne bastante subido, tirando al de la púrpura; á veces muy oscuro. El grano de la piedra es fino; el color no siempre uniforme; notándose á veces manchas blanquecinas; y mas comunmente ciertas líneas negras, ondulosas y reticulares tan sumamente delgadas, que con frecuencia se hacen invisibles.

Yacimiento.—Lo singular es que se ignore completamente el punto de

donde sacaron los antiguos una piedra tan admirable. La indicacion vaga que hace Plinio de que procedia de las inmediaciones de Alabanda, en el Asia menor, se refiere mas bien al Mármol llamado *alabándico*, tambien muy estimado por los romanos.

El Sr. Guirao dice que cerca de Lorca existe este Mármol, con el que se han labrado pilas para las iglesias y otros objetos preciosos: observacion que apunto con algo de desconfianza, sin que mi ánimo sea ofender en lo mas mínimo á un profesor tan distinguido.

Caliza arcillosa.—Propio es del carácter verdaderamente encantador del estudio de la Geología, el tener que ocuparse de sustancias útiles á continuacion de materias curiosas; por esto despues del Mármol rojo antiguo, debemos tratar de la Caliza arcillosa, que como aquel es una mezcla de Caliza con otros cuerpos, aunque muy distintos; roca de grande importancia por sus numerosas y útiles aplicaciones.

Esta Caliza puede contener hasta ⅓ ó ¼ de su masa de Arcilla; cuando excede de esta cantidad, es decir, cuando la Caliza no es el elemento esencial de su composicion, constituye otra roca, la Marga, no menos importante que la Caliza arcillosa.

El tipo de esta variedad se reconoce fácilmente por el aspecto mate y terroso que afecta; por sus tintas claras en general; por despedir un olor arcilloso muy pronunciado cuando se le aplica el aliento; por pegarse á la lengua y labios, y por no ser tan viva la efervescencia tratada por los ácidos, dejando un resíduo mas ó menos abundante

La proporcion de sus elementos se apreciará casi siempre con facilidad, disolviendo la roca en algun ácido fuerte, y pesando el resíduo, que será arcilloso y á veces tambien arenoso.

Yacimiento.—Esta roca es bastante comun en el terreno jurásico, en especial en el piso llamado *Lias;* en el cretáceo y terciario; y suministra una Cal hidráulica excelente. El famoso cemento de Vassy en la Borgoña (Francia) es una Caliza arcillosa del Lias, por cierto muy rica en fósiles convertidos en pirita de Hierro, que he visto y recogido.

Localidades españolas.—En Tarragona, Logroño, San Sebastian y en otros puntos de la Península se encuentra en abundancia esta roca. La de San Sebastian contiene hasta 23 por 100 de Arcilla, de consiguiente es muy hidráulica; pertenece al cretáceo. En las inmediaciones de Bilbao, junto á las ruinas del convento de San Agustin, se encuentra formando parte del Lias una Caliza arcillosa azul, muy parecida á la de Vassy, que á juzgar por la análisis que hizo y publicó el Sr. Collette en

su reconocimiento geognóstico del Señorío de Vizcaya, pertenece al cemento límite superior del Sr. Vicat.

Hé aquí su composicion.

Carbonato de cal.....	40,17	100,00
Carbonato ferroso.....	6,14	
Arcilla.....	53,69	

El siguiente cuadro de las Calizas hidráulicas descritas por el señor Collette en la Memoria citada, dará una idea de la importancia que esta roca tiene en dicho territorio.

ANÁLISIS DE LAS CALIZAS ARCILLOSAS DE VIZCAYA.

LOCALIDADES.	COLOR Y TEXTURA.	Sobre 100 partes, cantidad de Arcilla.....	Sobre 100 partes, cantidad de carbonato ferroso.	CLASIFICACION de las cales.
San Sebastian.....	Amarillo verdoso; compacta....	26,11	»	Cemento límite inferior.
Convento de S. Agustin (Bilbao).	Azul oscuro; compacta, micácea.	53,09	6,14	Cemento límite superior.
Algorta, (algo al S. de)..... ..	Gris oscuro; subgranosa	41,81	»	Cemento ordinario.
Maruelas..... ..	Gris claro; muy compacta.. ...	6,32	vestigs.	Poco bidráulica.
Idem.....	Gris claro; compacta....	54,90	4,38	Cemento límite superior.
Saracho.....	Gris azul; compacta..... ..	17,60	»	Hidráulica.
Peña de Orduña....	Gris pardo claro; compacta....	13,60	vestigs.	Hidráulica.
Zornoza..	Gris azulado; compacta.... ...	26,50	2,49	Cemento límite inferior.

Sin entrar en detalles acerca del modo de prepararla, pues creo que no es de la incumbencia de este *Manual*, bueno será decir cuatro palabras acerca de la Cal viva, considerada como base de las argamasas empleadas en la construccion.

Cal.

La *Cal* es el óxido del metal Cálcio que combinado con el ácido carbónico en las proporciones indicadas mas arriba, da lugar á todas las rocas calizas.

Esta sustancia no se encuentra pura en la naturaleza; pero se obtiene de las piedras calizas sometiéndolas á una alta temperatura, es decir, hasta el rojo blanco á la presion ordinaria. El calor desaloja el ácido carbónico que se pierde en la Atmósfera, y deja al óxido cálcico mas ó menos puro, segun la calidad de la piedra de que se echó mano.

Cal grasa.

Tres son las variedades de Cal que se emplean en la construccion, á saber: la *grasa*, que no es hidráulica; la *seca* que proporciona argamasas algo hidráulicas, y la llamada *hidráulica* por excelencia, por servir de base á los cementos.

La hidraulicidad de las cales consiste en fraguar con mas ó menos prontitud en el Agua; circunstancia debida á la presencia de la Arcilla, verificándose en el seno de dicho líquido una combinacion entre la Cal y la Sílice de esta, que determina el endurecimiento, tanto mas rápido, cuanta mayor es la proporcion de la Sílice y Arcilla.

La Cal grasa es la mejor de todas para las construcciones comunes en parajes secos, pues aumenta considerablemente de volúmen cuando se apaga; y es la que admite mayor cantidad de arenas; resultando las argamasas mas baratas; se extrae de las Calizas puras: debiendo en consecuencia buscarla entre las que contienen menor proporcion de sustancias extrañas, prefiriendo las compactas y de color blanco.

El terreno cretáceo del Mediodía y Levante de la Península suministra excelentes cales grasas.

Cal seca.

La *Cal seca* se extrae de las calizas que ofrecen alguna cantidad de Arcilla ó de Magnesia. Las Dolomias la suministran buena, y algunas veces hasta la dan hidráulica. El color de las calizas que proporcionan estas cales es menos blanco que el de las grasas; son algo mas pesadas y no hacen una efervescencia tan viva y franca como las calizas puras.

Estas cales absorben menos cantidad de agua, y admiten tambien menor proporcion de arenas; pero en cambio ofrecen la ventaja de fraguar ó endurecerse mejor y mas pronto que las grasas, llegando á consolidarse en los puntos húmedos.

Cal hidráulica.

Por fin, la *Cal* verdaderamente *hidráulica*, conocida tambien con el nombre de *cemento*, es la que á consecuencia de la gran cantidad de Arcilla que contiene, goza de la propiedad de fraguar en el agua con prontitud; razon por la cual se la destina á las construcciones que han de estar en contacto con este agente, como en los cimientos de los puentes, en los puertos, canales &c.

Para que las cales puedan llamarse hidráulicas es menester que contengan por lo menos un 6 por 100 de Arcilla; desde esta cantidad, á medida que aumenta, reciben las denominaciones de medianamente hidráulicas cuando contienen hasta 12 por 100; muy hidráulicas cuando llega á 16 por 100, y eminentemente hidráulicas cuando va hasta 20 por 100. *Cemento* se llama cuando contiene desde 26 hasta 59 ó 60 por 100; distinguiéndose en cemento límite inferior cuando no pasa de 26 por 100; cemento propiamente dicho, si llega á 37 ó 38 por 100, y cemento límite superior, cuando va hasta 59 ó 60 por 100.

La Cal medianamente hidráulica fragua á los 20 dias próximamente; y al cabo de un año su consistencia es análoga á la del Jabon seco. La hidráulica solo tarda seis ú ocho dias, y continúa endureciéndose de modo, que á los seis meses adquiere la dureza de una piedra blanda, y el agua no la disuelve. Por fin, la eminentemente hidráulica fragua al segundo ó tercer dia de su inmersion; y al cabo de un mes se endurece como una piedra completamente insoluble.

Las Calizas que suministran estas Cales son las llamadas *arcillosas*, ó que cuentan entre sus elementos constitutivos á la Arcilla en proporcion diversa que se apreciará fácilmente, atacando la roca con los ácidos, y pesando el resíduo, si todo él es arcilloso.

Puzolana.

La Cal grasa puede proporcionar tambien cementos y Cales hidráulicas mezclándola con pedazos de Arcilla cocida ó de rocas porosas silíceas ó feldespáticas, trituradas para que formen argamasa. Esto es lo que hicieron los romanos y otros pueblos de Italia, sirviéndose para ello del Lapilli ó de la Grava volcánica: y como principalmente se sirvieron de la que en gran abundancia se encuentra cerca de Pozzuolo, de aquí el nombre de Puzolana ó Pozuolana aplicado á esta especie de ce-

mento. De la excelencia de esta argamasa en las construcciones, tanto al aire libre como en las subterráneas ó hidráulicas, se puede convencer cualquiera con solo echar una ojeada á esos restos admirables de las construcciones monumentales romanas.

Yeso-cemento.—Cemento romano.

Algunas rocas gozan de la propiedad, debida á la notable proporcion de Arcilla que contienen, de proporcionar por la calcinacion una Cal que no se deshace, y que hay que pulverizarla como el *Yeso* para amasarla, fraguando en el agua sin la intervencion de otra materia. Estas calizas han recibido los nombres de *Yeso-cemento*, *cemento*, y *cemento romano*.

Una vez conocida la razon de la hidraulicidad de ciertas cales, y explicadas satisfactoriamente, á beneficio de los recientes progresos de la Química, las reacciones que se verifican y que dan por resultado su endurecimiento en el agua y en los sitios húmedos, era fácil prever que no se tardaria mucho en poner á contribucion estos conocimientos para procurarse artificialmente una sustancia tan importante, realizando así no solo la mayor facilidad, pues no en todas partes se encuentran calizas hidráulicas, sino tambien una notabilísima economía. Este feliz pensamiento lo realizó el Sr. Vicat llegando á obtener cementos superiores á los romanos por medio de una mezcla en proporciones determinadas de Creta y Arcilla, ó de Cal viva y Arcilla.

El procedimiento que se emplea para esto es el siguiente: primero se deslien las dos sustancias reduciéndolas á una pasta muy fina por medio de muelas ó cilindros; se deja secar la mezcla, formando despues panes ó ladrillos que se someten á una temperatura lenta y bien sostenida, á fin de que se verifique el desalojamiento del ácido carbónico por una parte, y del agua de la Arcilla por otra. De este modo se prepara la combinacion entre la Sílice y Alúmina de esta con el óxido de Calcio ó la cal viva, que es lo que constituye el verdadero cemento.

Las ventajas y economía de esta fabricacion artificial de los cementos es tan grande, que se le alcanza á cualquiera.

Completaré el importante estudio de las Cales con el resultado de las observaciones de Mr. Vicat sobre esta materia, y es el siguiente:

1.° Las Cales grasas son en general puras.

2.° Las secas no hidráulicas deben su carácter á una cantidad notable de Arena ó Magnesia que entra en su composicion.

3.° Las medianamente hidráulicas contienen de 10 á 15 por 100 de Arcilla.

4.° La Sílice puede formar con la Cal una combinacion muy hidráulica.

5.° Las Cales eminentemente hidráulicas contienen una proporcion de Arcilla que llega hasta 36 por 100.

Y 6.° A medida que la cantidad de Arcilla aumenta crece tambien la propiedad de endurecerse; pudiendo citar en confirmacion el cemento romano de Inglaterra, que contiene de 50 á 56 por 100 de esta sustancia, y fragua tan instantáneamente como el Yeso.

El siguiente cuadro aclarará mas la materia:

SUSTANCIAS constitutivas.	TIPO de las Cales medianamente hidráulicas.	TIPO de las Cales hidráulicas ordinarias.	TIPO de las Cales eminentemente hidráulicas	TIPO de los cementos ordinarios.	TIPO de los cementos límites sups.	TIPO del principio de las Puzolanas.
EN SU ESTADO NATURAL.						
Carbonato de Cal.....	89	83	80	64	39	16,40
Arcilla.....	11 } 100	17 } 100	20 } 100	36 } 100	61 } 100	83,60 } 100
DESPUES DE COCIDAS.						
Cal viva.....	100	100	100	100	100	100
Arcilla combinada.....	22	36	44	100	273	900 No combinada.

Para terminar todo lo relativo á las rocas calizas resta tan solo decir algo acerca de las que se presentan en estado suelto ó incoherente. Los guijarros, la grava, las arenas y hasta el polvo, resultado de la descomposicion y trituracion mas ó menos avanzada de estas rocas, deben comprenderse en este artículo: su conocimiento es de la mayor importancia para el agricultor, pues en este estado las rocas calizas forman la base de la mayor parte de las tierras vegetales.

Falun.—Entre estas rocas, la primera, por la importancia de sus aplicaciones, es el *Falun*. Esta roca consiste en una mezcla de arenas calizas y fragmentos de conchas y zoófitos fósiles, generalmente sueltos y sin trabazon alguna; á veces, sin embargo, estos elementos se hallan aglutinados por un cemento calizo ó silíceo, dando á la roca el aspecto de un asperon misto de granos de caliza con restos de séres orgánicos.

Esta roca es tan abundante en los terrenos terciarios medios y superiores, que, como veremos mas adelante, llega á constituir varios pisos característicos de este período geológico.

En Francia ocupa esta roca vastas comarcas en la Turena y en Burdeos, en donde la he visto y estudiado: en los alrededores de Montpeller, en Dax, Mont de Marsan y otros puntos.

Los restos fósiles, generalmente no muy bien conservados, abundan mucho en el Falun, lo cual da á esta roca gran valor científico.

Aplicaciones.—En los distritos citados del vecino imperio se hace de esta roca una aplicacion tan general y de tanta utilidad para mejorar las tierras arcillosas y arenáceas, que se encuentran á millares las explotaciones conocidas con el nombre de Faluneras, en las que por cierto es bien poco costosa la extraccion, no solo por el estado incoherente de la roca, sino tambien por hallarse muchas veces á flor de tierra.

El Falun puede considerarse como una especie de aluvion de la época terciaria, cuyas excelentes propiedades, como mejoramiento y abono, son debidas á la cantidad de materias orgánicas, y particularmente al fosfato de Cal y otras sustancias procedentes de los séres que vivieron en su seno. Cuando consideremos al Falun como terreno se darán mas detalles, ya que tan grande es la importancia de sus aplicaciones.

Crag.—El Crag (palabra local inglesa) es una roca análoga al Falun, con la diferencia de ser de grano mas fino, mas rica en general en fosfatos, y hallarse en ella mas triturados los fósiles. Es muy abundante en Norwich y en el condado de Suffolk (Inglaterra); y en Holanda, en donde se le da la misma aplicacion que á la variedad anterior.

Tambien deben referirse á las rocas calizas los bancos de Madréporas y Conchas diversas en estado de trituracion mas ó menos avanzada, ya vivas, ya fósiles, sueltas ó aglomeradas que con tanta frecuencia se encuentran en las costas. En las de la Bretaña y de la Vendée llaman

Tangue (1) á estos materiales, y los utilizan con gran éxito para mejorar y abonar las tierras, en particular las arénosas y sueltas, ó las llamadas flojas. En varios puntos de Galicia y Asturias tambien se observa esta roca curiosa; pero, á pesar del consejo que dió en la descripcion de aquella el Sr. Schulz, no la utilizan sus habitantes; y eso que en muchos puntos hasta carecen de Cal para la construccion.

Yacimiento y relaciones geognósticas de las rocas calizas en general.—Terminada la descripcion de las principales variedades de la especie caliza, creo será oportuno reasumir en breves palabras el papel que desempeñan en los diferentes terrenos de sedimento, y sus aplicaciones.

La aparicion de la caliza en la série geológica coincide con la de la vida en la superficie terrestre, empezando en el terreno silurio y continuándose hasta en nuestros dias. Las Calizas que existen como elemento subordinado en las Pizarras cristalinas pertenecientes con mas ó menos probabilidad al terreno silurio, son metamórficas; y como á tales, las describiremos en el segundo órden de rocas de sedimento. Las Calizas normales empiezan, de consiguiente, en el silurio, representadas por las llamadas de Wenlock y Dudley en Inglaterra, por las de Béraun y Koniepruss en Bohemia &c.

El terreno devonio posee enormes bancos de Caliza, generalmente rica en restos orgánicos característicos, como se ve en Campan, Sarancolin y otros puntos de los Pirineos: en Asturias y Leon en la Península.

La Caliza carbonífera, ó de montaña por otro nombre, forma estratos de mucho espesor en la base del terreno carbonífero (Asturias, Belmez y Espiel &c.)

El terreno pérmio tambien contiene Calizas, que son las conocidas con el nombre de *Zechstein*, generalmente grises ó negruzcas, y fétidas lo mismo que las anteriores: las de Rodez y Alboy (Aveyron) pertenecen á este horizonte. En la Península no se ha reconocido todavía de un modo auténtico este terreno.

En los terrenos secundarios adquiere aun mas importancia el elemento calizo.

El *Muschelkalk* ó Caliza conchífera, muy desarrollada en algunos puntos, lo representa en el período triásico; siendo precisamente la

(1) Los italianos la llaman *Tanga*, expresion que pudiera adoptarse en nuestro idioma.

roca mas característica del terreno por la abundancia con que se presentan en ella los fósiles. En Mora de Ebro, Carlet, Murviedro &c. adquiere esta Caliza gran importancia; siendo notables los dos primeros por haber encontrado fósiles, que son raros en este terreno en la Península.

El período jurásico ofrece poderosos bancos de Caliza en todos sus pisos, representada por la de Grifeas y Belemnites en el Lias; por la oolítica en los que por excelencia se llaman *Oolita inferior* y *grande Oolita;* por numerosos lechos de Lumaquelas en el del Coralrag; por Calizas compactas y tambien oolíticas en los pisos portlándico y kimerídgico, y por Mármoles, en parte lacustres, y tambien marinos, en lo que se llama piso de Purbeck. Todas estas Calizas, si exceptuamos las últimas, se hallan muy desarrolladas en las provincias de Castellon (Segorbe, Bejís, el Toro); de Teruel (Sarrion, Albarracin, Molina); de Córdoba (Cabra); de Santander, Palencia &c.

Casi puede asegurarse que la Caliza está mas desarrollada todavía en el terreno cretáceo, pues desde los pisos wealdio y neocómio que forman la base, hasta la Creta blanca, este es el elemento que predomina; ora como Caliza simple en los bancos de los dos primeros y en la Creta blanca, ora mezclada con otros elementos, y particularmente con el silicato de Hierro, constituyendo la llamada Creta verde, Glauconia y Creta tufó. Todas estas Calizas, especialmente las de los pisos neocomio, Creta verde y tufó son muy abundantes en España, en las provincias de Castellon, Teruel, Tarragona, Valencia y Múrcia.

El terreno cretáceo termina por arriba con la Caliza pisolítica que ha dado márgen á tanta discusion, y que por ahora ignoro se haya encontrado en nuestro suelo.

En los terrenos terciarios tambien se encuentra la Caliza, unas veces lacustre, como la de las dos Castillas; otras marina, como se ve mejor que en parte alguna en París y sus alrededores. Además de estas variedades compactas ofrece este terreno las sueltas ó incoherentes, representadas por el Falun, el Crag y otras.

Por último, hasta en la época actual se encuentra y se forma de contínuo este elemento, representado, no solo por la Caliza incrustante con todas sus variedades, sino hasta en las costas de los mares y en los bordes de los lagos y rios. Además de los ejemplos que podríamos citar de la Guadalupe, islas de Ceylan y otras, el Sr. Coquand dice haber observado la formacion de la Caliza en las lagunas que existen entre Ceuta y Tetuan, separadas del Mediterráneo por los Médanos.

Aplicaciones.—Reasumiendo en breves palabras todo lo relativo á las aplicaciones de las rocas que acabamos de indicar, debemos decir que son numerosas, ya se consideren como excelentes piedras de construccion y matriz de las Cales y cementos; ya como objeto de adorno, y ya tambien como preciosos mejoramientos de las tierras.

Como piedras de construccion, las mejores son, en general, las de los terrenos jurásico, cretáceo y terciario; las de textura igual y grano fino; y las que contienen alguna cantidad de Sílice en su masa.

Al tratar de las Cales, ya hemos indicado las que suministran las mas importantes.

Como objeto de adorno se emplean las que llevan el nombre colectivo de Mármoles, cuyas infinitas variedades pueden reducirse á los cuatro grupos siguientes:

1.° Mármoles simples, formados tan solo de Caliza mas ó menos teñida por óxidos metálicos. Entre ellos deben contarse los estatuarios, que son metamórficos; los negros ó carboníferos; los rojos (rojo antiguo, *Griotte* de los italianos); Brocatela; los amarillos (amarillo antiguo y de Siena), y los simples listados ó con venas grises ó azules sobre fondo blanco (Bardiglio fiorito de Serravezza); de blanco sobre centro negro ó amarillo (Portor); de blanco, azulado ó rojo sobre fondo oscuro &c.

2.° Mármoles en brecha, variables al infinito por la coloracion del cemento y de los fragmentos que empasta; entre ellos la Brecha antigua llamada violeta por su color, es la mas curiosa.

3.° Mármoles lumaquelas, entre los cuales el llamado *pequeño Granito* ó *Encrinífero*, del terreno carbonífero, y el de Astracan son los mas estimados.

Y 4.° Mármoles compuestos, en los que existen sustancias extrañas como la Serpentina (verde antiguo), el verde de Egipto, verde mar, de Florencia &c., y el Talco ó la Mica, dando lugar á los Cipolinos, piedras muy apreciadas.

Tambien se destinan á objetos de lujo los Alabastros, principalmente los Orientales.

En cuanto á las aplicaciones de las piedras calizas á la Agricultura, formarán uno de los objetos de la Geología agrícola en la tercera parte de la obra.

El uso de la Creta preparada para el dibujo, y el de la Pidera litográfica son bien conocidos de todo el mundo; lo mismo que el partido que se saca en Toscana y en otros puntos de la Caliza disuelta en las aguas

de ciertas fuentes para formar bajos relieves y otros caprichos muy curiosos.

Segunda, tercera y cuarta especies.—Dolomia, Yeso y Sal comun.

Siguiendo el órden admitido, á la descripcion de la especie Caliza debia necesariamente seguir la de las que encabezan este párrafo; pero como quiera que estas tres sustancias, con todas sus variedades, forman un grupo natural por su muy frecuente asociacion en los terrenos; asociacion curiosa y casi siempre debida á causas que han obrado despues de su formacion, determinando en ellas una epigénesis ó metamorfismo mas ó menos avanzado, dejaremos su descripcion para cuando tratemos de las rocas metamórficas, pues de lo contrario incurriríamos en repeticiones inútiles.

Quinta especie.—Silex.

Sinonimia.—Pedernal, Piedra de chispa, Silex molar, Moleña, Menilita, Ftanita, Jaspe, Piedra de Lidia, Piedra de toque, Silex resinita, Geiserita, Trípoli &c.

Definicion.— Roca compuesta esencialmente de Cuarzo amorfo mezclado con Arcilla y óxidos de Hierro: sustancias que le quitan su natural trasparencia.

Variedades.—Piromaco ó Piedra de chispa; *Jaspe* de tintas varias; *Silex molar* ó *Moleña* de textura cavernosa irregular; *Trípoli*, variedad compuesta de Silex térreo fino y poroso; *Resinita*, y tambien *Menilita*, de aspecto céreo algo craso por la cantidad de agua que contiene; *Geiserita* ó *Silex termógeno*, variedad concrecional é incrustante producida por los Geiseres &c.

Yacimiento.—Cada una de las indicadas variedades ofrece condiciones diferentes de yacimiento y relaciones geognósticas.

El Pedernal ó Piedra de chispa, una de las mas comunes, se encuentra en capas interrumpidas é irregulares, y tambien en nódulos sueltos, en la mayor parte de los terrenos secundarios y terciarios En el jurásico medio ú oxfórdico es tan comun en algunos puntos de la cordillera del Jura, que constituye un horizonte geognóstico llamado *piso de nódulos silíceos (Chailles* en francés, *Cherts* en inglés); en la Arenisca verde y Creta tufó, y mas particularmente en la blanca, se presenta en capas interrumpidas, alternando de un modo bastante regular con

las de la Creta: en el terreno terciario tambien se encuentra esta variedad en nódulos mas ó menos irregulares, debiendo citar á Vallecas y Vicálbaro como los puntos mas notables en España; de ellos se surte la capital para el empedrado, preferible, por cierto, á los adoquines de Granito. La mayor parte de los nódulos de Pedernal llevan restos orgánicos convertidos en Sílice, observándose algunas veces en su interior á manera de núcleo; de donde han deducido algunos que efectivamente han hecho los fósiles este oficio; y que ora procediese de fuentes minero-termales ó de Geiseres parecidos á los actuales de Islandia, como creen unos; ora fuese resultado de la trasformacion de la Sílice disuelta de los foraminíferos que han dado orígen á muchas rocas de sedimento, y principalmente á la Creta, como opinan otros con Ehrenberg, la materia silícea se agrupó á su alrededor determinando las formas caprichosas que ofrecen.

En cuanto á los Jaspes, tambien se presentan de una manera análoga en los terrenos secundarios y terciarios. Los del Lias de Campiglia, Suvereto y otros puntos de la Toscana, subordinados á lo que los italianos llaman *calcareo rosso ammonitífero*, pueden presentarse como ejemplo de los primeros; y los que se hallan intercalados en las Arcillas superiores de Chantresac (Departamento de la Charente, Francia), son terciarios superiores.

Los Jaspes ofrecen tintas muy diversas, amarillentas, rojizas y hasta negras; estos merecen el nombre de Piedra de toque ó de Lidia, y su coloracion se cree ser debida á una cantidad bastante notable de Carbon que se interpone en su masa.

La Moleña ó Silex molar se encuentra en masas irregulares, afectando, aunque con poca regularidad, la estratificacion entre capas de Arcillas pertenecientes á los terrenos terciarios. La textura de esta roca es, como hemos indicado, celular y cavernosa; hallándose las celulas y cavernas ocupadas por Arcilla mas ó menos endurecida. La formacion de la Moleña ha dado mucho que discurrir á los geólogos; entre los cuales unos opinan, que es debida á la precipitacion de la Sílice procedente de fuentes termales en aguas de poco fondo y bastante agitadas; otros, adoptan el parecer de Brongniart, que explicaba la textura y demas circunstancias de esta roca por la reaccion que las aguas ácidas ejercieron sobre los bancos de Caliza, cuyo esqueleto ó armazon representa la que nos ocupa; hay, por fin, quien cree, con Prevost y Hebert, que la piedra Moleña ha sido formada por un procedimiento análogo al que emplea hoy la Naturaleza en la formacion de la Geiserita.

La Menilita, llamada así por su procedencia de Menilmontant, (París), y Cuarzo resinoso ó Resinita por su aspecto, se encuentra en nódulos concrecionados y en placas en las Arcillas terciarias, de cuya naturaleza participa tambien en parte. En algunos puntos de los alrededores de París, como en Saint-Denis y Saint-Ouen, esta variedad de Cuarzo ha sufrido una alteracion particular en virtud de la cual sobrenada en el Agua; por cuya razon se llama Silex néctico.

El Trípoli verdadero y todo lo que se emplea como á tal, lo mismo que la Harina fósil de algunos autores, no es mas que Sílice en estado pulverulento; resultado, casi siempre, de la alteracion de los animales infusorios, ó mejor foramíferos, que bajo otras condiciones constituyeron el Silex de la creta, segun consta de las observaciones de Ehrenberg y otros. Como ejemplos de este Trípoli de orígen orgánico, podemos citar el de Bilin (Bohemia), el mas famoso de todos; el de Oberohe (Hanover); el de Mont Charray (Departamento del Ardeche); de Randan (Puy de Dôme) y otros. Pero tambien hay Trípolis de sedimento químico, ora se conserven en su estado primitivo de formacion, ora hayan sufrido alguna alteracion posterior por la influencia de las rocas ígneas. Existen, de consiguiente, Trípolis de orígen orgánico; Trípolis de sedimento normal y Trípolis metamórficos. Estos últimos suelen ser Arcillas tostadas por el calor de alguna roca ígnea y tambien por el incendio espontáneo de alguna mina de carbon, como se observa en Planitz (Sajonia), y en otros puntos.

Esta variedad de la especie Silex, se encuentra en casi toda la série de terrenos de sedimento desde los paleozóicos, y en especial desde el carbonífero hasta los terciarios, como se ve por ejemplo, en Nanteuil (Departamento de Charente). Unas veces se presenta en capas de textura pizarrosa, de aspecto mate y terroso y es el verdadero Trípoli; otras en forma de polvo muy fino, casi impalpable y es la Harina fósil, intercalada entre los estratos de otras rocas mas ó menos alteradas.

Por último, el Silex termógeno ó Geiserita se encuentra en Islandia en masas concrecionadas de un color blanco gris y á veces algo rojizo; su textura es celular y testácea; revistiendo con frecuencia á la manera de la caliza incrustante, á los objetos que encuentra á su paso.

La produccion de la Sílice en los Geiseres actuales es de la mayor importancia; pues nos ilustra acerca del procedimiento que la naturaleza ha puesto en juego, en casi todos los períodos geológicos, para la formacion de esta sustancia tan principal en la constitucion física del

globo. Tal vez la mayor parte de los Jaspes, y en particular los que se presentan estratificados, deben su orígen á una sedimentacion química de la Sílice análoga, sino idéntica, á la de la Geiserita actual.

Localidades extranjeras.—El Silex es piedra muy comun en todas sus variedades; el Pedernal se encuentra en Meudon y Montmartre cerca de Paris, en Aix, Chantressac y otros puntos en Francia: el Jaspe en Campiglia é isla de Elba (Toscana): en el golfo de la Spezia y en Chantressac (Francia): el Trípoli en Bilin (Bohemia): Planitz (Sajonia): Santa Fiora (Toscana): en Nanteuil, Bartras y otros puntos: la Moleña es característica del territorio llamado la Brie, en Versailles, Saint Ouen y otras localidades en los alrededores de Paris: la Menilita en Menilmontant, Saint Denis, (Paris): Beaulieu (Aix), en Gergovia (Auvernia): en Monte Rufoli (Toscana) &c.: por último, la Geiserita hasta el dia solo se ha encontrado en los Geiseres de Islandia.

Localidades españolas.—La Península es igualmente rica en algunas variedades de esta especie; siendo abundante el Pedernal en Vallecas y Vicálvaro (alrededores de Madrid): en el Tajo del Chorro (Málaga): en el arroyo de los Granados, Ardales, Carratraca, Casarabonela y otros puntos: tambien se encuentra en las inmediaciones de Lisboa y en Rio mayor (Portugal): el Jaspe se ve en fragmentos sueltos en las cañadas de la Sierra del Moral de Calatrava (Ciudad-Real), en Munguia (Vizcaya), segun el Sr. Collette, bajo el nombre de Sílice abigarrado, amarillento y negro, y en otros puntos: el Silex molar ó Moleña, segun el Sr. La Cortina, se encuentra en las cercanías de Toledo, en la Sierra de Junquera (Málaga), en Cabra (Córdoba) &c.; la Ftanita segun el mismo en Manzanares de la Sierra, en el Cerro de la Peña del Diezmo y en el camino de la Cerca á Robledo de Chavela (Madrid): tambien en los Guadarranques (Sierra de Guadalupe).

Aplicaciones.—El Pedernal aunque ha perdido múcha importancia con la introduccion de los fósforos y pistones, habiéndose casi abandonado la Industria de las piedras de chispa, es todavia una roca muy útil para el empedrado y hasta para la construccion; para lo primero, se corta en forma de cuñas; y para lo segundo en pedazos irregulares; conservándose todavía en Madrid muchas tapias fabricadas con esta piedra; la Moleña se destina á la fabricacion de piedras de Molino; si bien para el mismo uso se echa mano, segun la localidad, de rocas muy diversas, desde el Granito hasta las Areniscas, y tambien la Caliza como se practica en Colmenar Viejo. Tambien sirve el Silex molar como excelente piedra de construccion. Los Jaspes son piedras de adorno y se

destinan á la elaboracion de objetos de lujo, como tazas, placas de revestimiento &c.: la variedad llamada *Piedra de toque*, ha merecido este nombre por destinarla á ensayar los metales preciosos y principalmente el Oro. El Trípoli, bien sea en polvo ó desleido en agua ó aceite, sirve para pulimentar y dar brillo á los metales y piedras preciosas. La Geiserita puede decirse que es objeto de pura curiosidad científica.

Sexta, Sétima, Octava, Novena y Décima especies.—Hierro y Manganeso (1).

Aunque en rigor á la descripcion de la especie Silex debiera seguir la de las cinco indicadas, pues aunque metálicas se presentan, por escepcion, en grandes masas formando rocas, prescindimos de hacerla, en razon á que todas ellas van incluidas en la Geología industrial, junto con los demas metales, que merecen una especial mencion por sus aplicaciones.

SEGUNDO GÉNERO.

Rocas de sedimento mecánico.

En este género colocamos las rocas cuyos elementos, hijos de la destruccion de masas preexistentes, estuvieron en suspension en un líquido cualquiera, del que se desprendieron por su propio peso, depositándose en el fondo de las aguas en capas ó lechos.

Las dos especies principales comprendidas en este género, son las Arcillas y las Arenas y Areniscas.

Primera especie.—Arcilla.

Sinonimia.—Kaolin, Arcilla esméctica, Tierra de Batan, Fullers-earth (en inglés), *Thon* (en aleman), *Arcilla plástica, Tierra de pipas y de tejar, Ocre amarillo y rojo, Sanguina, Marga, Légamo ó Tarquin &c.*

Estas rocas, resultado de la descomposicion de masas preexistentes graníticas ó volcánicas de base de Feldespato, por el singular mecanismo que queda ya explicado, gozan de caractéres comunes; no cediendo en interés, por la grande importancia de sus aplicaciones, á las anteriormente descritas.

(1) Véase el cuadro de la clasificacion de rocas.

Caractéres generales de las Arcillas.—El carácter mas dominante en las rocas de que tratamos es el de su naturaleza: todas ofrecen un compuesto en proporciones variables de Sílice, Alúmina y Agua, formando lo que se llama científicamente un *silicato hidratado de Alúmina.* Raras veces, empero, se presentan tan puras como las acabamos de considerar; siendo lo mas comun que contengan algun principio tinturante; generalmente óxidos de Hierro, alguna Pirita, granos de Arena ó Cuarzo, y tambien parte de Caliza, de Magnesia ó Mica. El tamaño de sus moléculas es tan ténue, que generalmente, reducidas á polvo se hacen impalpables. Por lo comun se deslíen y forman pasta con el Agua: la coccion las priva de la parte de humedad que contienen, resultando masas duras, sonoras y muy frágiles que pierden la propiedad de hacer otra vez pasta.

Cuando contienen agua son flexibles, pesadas y tenaces; mientras que en el caso contrario son friables, ligeras y hasta pulverulentas.

Las Arcillas y sus variedades despiden un olor particular y propio cuando se las echa el aliento; y se pegan á los lábios con mas ó menos fuerza.

Por último, puede decirse que todas las Arcillas reconocen un orígen comun, el de la descomposicion de rocas feldespáticas.

Division.—Las rocas arcillosas son bastante difíciles de clasificar por la mucha analogía que guardan entre sí; sin embargo, pueden dividirse en dos grupos, colocando en el primero las formadas simplemente de Arcillas, y en el segundo las que contienen sustancias extrañas en cantidad tal que llegan á imprimirles carácter.

Las Arcillas propiamente dichas en el 1.°, la *Marga*, la *Greda* y los *Ocres* en el 2.°

Primer grupo.—Arcillas propiamente dichas.

A su vez las Arcillas se subdividen en tres tipos: el 1.° representado por una sola especie, la menos Arcilla posible, ó si se quiere una Arcilla en embrion, la llamada Kaolin ó tierra de Porcelana; el 2.° lo forman las Arcillas esmécticas ó de batanero, y el 3.° las plásticas.

A. Kaolin.

Aunque el Kaolin ó tierra de Porcelana no sea roca de sedimento mecánico, y sí mas bien un producto directo de la descomposicion de ciertas masas feldespáticas, la colocamos en este lugar por su analogía

con las demas Arcillas, de las que en rigor puede decirse, es su verdadera matriz.

La palabra Kaolin, de orígen chino, se aplica á una sustancia importada en su orígen de aquellas apartadas regiones; pero que, una vez conocida su composicion, se la encuentra hoy mas ó menos pura en varias regiones de Europa. Las repetidas análisis que de ellas se han hecho demuestran que esta tierra es el resultado inmediato de la descomposicion de las rocas muy ricas en Ortosa, particularmente de la Pegmatita, de algunos Granitos y tambien de rocas volcánicas; compuesta esencialmente de Sílice y Alúmina mezclada á veces con restos de Potasa, Cal y Magnesia y óxidos de Hierro, sustancias que desaparecen al tiempo de prepararla para la fabricacion de la Porcelana. Para tener una idea de la composicion de los principales Kaolines conocidos, véanse los siguientes cuadros: el primero de los cuales expresa, segun Brongniart y Malaguti, la análisis racional de los Kaolines puros, mientras que el segundo representa la composicion empírica de las rocas kaolínicas.

LOCALIDADES.	Silice libre.	Silice.	Alúmina.	Agua.	Fórmula.
Kaolin de Limoges.....	10,98	31,09	34,65	12,17	A S + 2 Ag.
____ de Souhossoa....	»	»	»	»	A S + 4 Ag.
____ de Chabrol.....	7,79	25,14	29,88	10,73	A S + 2 Ag.
____ de Breage.....	1,27	45,36	24,06	8 74	A S^2 + 2 Ag.
____ de Plymton.....	10,19	34,07	36,81	12,74	A S + 2 Ag.
____ de Chiesi.....	1,16	43,87	32,24	11,36	A^2 S^3 + 4 Ag.
____ de Burgomanero.	6,62	17,32	21,14	7,42	A S + 2 Ag.
____ de Auerbach....	7,13	25,35	29,45	10,50	Id.
____ de Sietlitz.....	9,10	31,68	34,16	12,10	Id.
____ de Morl.....	4,44	21,69	22,50	7,55	Id.
____ de Zetlitz.....	4,95	26,03	26,66	9,55	A^3 S^4 + 6 Ag.
____ de Prinzdorff....	1,00	25,76	15,17	5,22	A S^2 + 2 Ag.
____ de Borrholm...	7,04	31.53	34,99	12,52	A S + 2 Ag.
____ de Risanski.....	»	»	»	»	A^2 S + 5½ Ag.
____ de Oporto.....	3,72	36,90	43,93	14,62	A S + 2 Ag.
____ de Sargadelos...	6,48	36,77	37,38	12,83	Id.
____ de Newcastle....	9,39	20,34	25,59	8,94	Id.
____ de la China.....	»	»	»	»	A^2 S^3 + 3 Ag.

LOCALIDADES.	Silice.	Alúmina.	Agua.	Cal, Magnesia y Potasa.	Cal, Magnesia y Sosa.	Hierro y Manganeso.	Residuo no arcilloso.
Arcilla del Kaolin de Limoges.	42,07	34,65	12,17	1,33	»	vestigios.	9,76
Louhossoa, cerca de Bayona....	42,12	33,00	23,00	»	0,50	id.	»
Chabrol (Puy de Dôme).....	32,93	29,88	10,73	1,56	»	id.	24,87
Breage (Cornwall).....	46,63	24,06	8,74	0,60	vestigios.	id.	19,65
Plymton (condado de Dévon).	44,26	36,81	12,74	1,55	id.	id.	4,30
Chiesi (Elba). .	45,03	32,24	11,36	2,21	id.	id.	8,14
Burgomanero..	23,94	21,14	7,42	vestigios.	id.	1,23	48,00
Auerbach.....	32,48	29,45	10,50	1,13	id.	vestigios.	26,42
Sielitz.....	40,78	34,16	12,10	0,60	id.	id.	12,33
Morl (Hall).....	26,10	22,50	7,55	Ca. Mg.	id.	id.	43,84
Zetlitz (Carlsbad).....	33,98	26,66	9,55	1,13	id.	id.	28,63
Prinzdorff (Hungría).....	26,76	15,17	5,22	1,83	id.	0,56	50,50
Bornholm (Escandinavia)...	38,57	34,99	12,52	0,54	0,93	vestigios.	13,36
Risanski (Rusia).	29,30	47,83	22,23	vestigios.	0,68	id.	»
Oporto.....	40,62	43,94	14,62	id.	vestigios.	id.	»
Sargadelos (Galicia)	43,25	37,38	12,83	0,88	id.	id.	0,14
Newcastle.....	29,73	25,59	8,94	Potasa.	id.	id.	34,99
China..... .	23,72	9,80	2,62	3,08	id.	0,43	68,18

El color de esta tierra es blanco puro ó sonrosado, y á veces amarillento; muy tierna y friable; tizna los dedos; un poco áspera al tacto; fusible ó no al soplete, segun la proporcion de granos feldespáticos que contiene; los ácidos disuelven una pequeña parte de sus elementos; se pega algun tanto á la lengua; se deslíe con dificultad, y de consiguiente, no forma fácilmente pasta con el Agua.

A veces contiene algun grano de Sílice, resto de la descomposicion de la roca de que procede; Sílice que perjudica á la fabricacion de la Porcelana, y que, por lo tanto, se la hace desaparecer por medio del lavado. Lo mismo sucede con las hojuelas de Mica, que tambien son muy frecuentes en esta tierra.

Cuando se examina el Kaolin en su propio criadero ofrece tránsitos insensibles á las rocas de que procede.

Yacimiento.—Del conocimiento de su orígen ó procedencia, y recordando el principio establecido al hablar de las rocas cristalinas ó de enfriamiento, de que el Feldespato en general es mas abundante en las modernas, podemos deducir su criadero ó yacimiento; debiendo buscarlo en los terrenos cristalinos de las épocas recientes, mas bien que en los muy antiguos.

Localidades extranjeras.—En Francia la mayor parte del que se emplea en sus fábricas, y principalmente en la famosa de Sevres, cerca de Paris, procede de Saint-Irieix, no lejos de Limoges; el de Morl y Meisen, cerca de Hall, se destina á la fabricacion de la Porcelana de Sajonia.

Localidades españolas.—En España existen varios criaderos de esta roca; es notable por sus buenas cualidades, la que se empleaba en la famosa fábrica de China del Retiro, procedente del canal de Cabarrús, junto á la presa del Guadarrama, en la Sierra de este nombre. Esta tierra se destinó tambien á la fábrica de la Moncloa. En Galapagar y Valdemorillo, junto al Escorial, se encuentra otro criadero; siendo famosos los ladrillos refractarios que allí se fabrican. El que se consume en la fábrica de Sargadelos, en Galicia, procede de Burela, no lejos de dicho punto. Segun el Sr. Collette, el Kaolin ó la Arcilla kaolínica, como él lo llama, se encuentra en varios puntos de Vizcaya, y principalmente entre Forna y Busturia, de donde se extrae para la fábrica establecida en este pueblo: en Murueta tambien se explota para la misma. Segun Pellico y Maestre, al N. del Castillo de Rodalguilar (Cabo de Gata) se encuentra un gran depósito de Kaolin que, á juzgar por los restos de excavaciones que se ven, debió ser objeto de una gran explo-

tacion en tiempos antiguos: hoy se emplea en las fábricas de Sevilla y Níjar. En otros puntos de la Península se encuentra igualmente esta piedra.

Aplicaciones.—Sin entrar en detalles acerca del arte cerámico, por ser agenos de este *Manual* (1), debe decirse, sin embargo, que el Kaolin se emplea en la fabricacion de la Porcelana fina, lo cual basta para hacer comprender toda su importancia.

B. Arcillas.

Las Arcillas propiamente dichas forman dos grupos bastante naturales, tanto por sus caractéres cuanto por los usos á que se las destina.

a. Arcillas esmécticas.

El primer grupo recibe el nombre de Arcillas esmécticas ó de Batan por la aplicacion que se les da; y tambien el de Arcillas hidratadas para dar á entender que en ellas el Agua, cuya proporcion llega hasta un 25 por 100, se encuentra combinada.

Las Arcillas de esta seccion se distinguen por la crasitud y suavidad de su tacto; se deslíen con facilidad en el agua, pero sin formar pasta, ó por lo menos esta es poco dúctil; se dejan atacar por los ácidos y son poco fusibles al soplete. La composicion de las mas famosas, que pueden servir de tipo, es la siguiente.

ARCILLAS ESMÉCTICAS.	De Reigate.	De Hampsire.	De Silesia.
Sílice	50,80	51,00	48,50
Alúmina	23,00	17,00	18,50
Cal	2,30	0,50	»
Óxido de Hierro	0,70	5,75	6,00
Magnesia	0,20	1,25	1,50
Agua	24,50	24,00	25,50
TOTAL	101,50	99,50	100,00

(1) Las personas que deseen mas datos sobre la materia pueden consultar la obra de Brongniart titulada *Traité des Arts ceramiques* (Paris 1844, 2 volúmenes con atlas, casa Masson.

Variedades.—Lo mismo las esmécticas que las plásticas ofrecen muchas variedades, ora se refieran á su diferente estructura, como *compacta, pizarrosa &c.*, ora á la presencia de alguna sustancia extraña, llamándose entonces *caliza*, que forma el tránsito á la Marga; *arenosa*, por llevar granos sueltos de Arena que indica el paso á la Greda; *ferruginosa* pasando á los Ocres amarillentos ó rojizos; *micácea* cuando lleva hojuelas de Mica; *bituminosa*, *salífera*, *piritosa &c.*

Yacimiento.—Las Arcillas esmécticas se hallan en capas alternando con estratos calizos; de donde resulta que siendo estos depósitos químicos, aquellas tambien deben serlo: la dificultad con que se tropieza al quererlas separar de las comunes que pertenecen á sedimentos mecánicos, nos obliga á colocarlas en este sitio. Las de Reigate (Inglaterra) y las de Silesia, que pasan por las mejores y mas estimadas, se encuentran, segun Dufrenoy, entre bancos calizos del terreno cretáceo inferior. En algunos puntos de Inglaterra está tan desarrollada esta Arcilla en una de las divisiones inferiores del terreno jurásico, que le ha comunicado su nombre, llamándose, como veremos mas adelante, *piso del Fullersearth*, ó *de la Arcilla de Batan.*

Localidades españolas.—En la Península se encuentran estas Arcillas en Segovia, Ruidera, en Alcoy, Tarrasa: en varios puntos de las provincias de Granada y Almería, y en otras localidades. Segun el señor Maestre existen en Manresa y Sampedor, dependientes del terreno cretáceo.

Aplicaciones.—La propiedad preciosa que tiene esta Arcilla de formar con las grasas una especie de jabon, la hace sumamente útil para desengrasar las telas de lana y especialmente los paños; objeto á que se la destina como su mismo nombre lo indica, y tambien para quitar manchas de aceite ó grasa.

b. Arcillas plásticas.

El segundo grupo es el de las *Arcillas plásticas* ó *figulinas* que se distinguen de las anteriores por la menor proporcion de Agua que contienen; son tambien mas suaves al tacto, muy dúctiles y casi infusibles, á no contener algun principio ferruginoso ó calizo. Pero la propiedad que mas las caracteriza es la de formar pasta con el agua tomando todas las formas que se le comunican; endureciéndose despues, y haciéndose ásperas al tacto y muy frágiles por la accion del fuego.

No todas gozan, sin embargo, de esta propiedad en el mismo grado,

y de aquí la subdivision que se ha admitido en Arcillas eminentemente plásticas y Arcillas figulinas ó menos plásticas. La composicion de las que pueden considerarse como tipo es la siguiente, en la que va incluida tambien la de algunas refractarias.

ARCILLAS PLÁSTICAS.	Sílice.	Alúmina.	Óxido de Hierro.	Cal.	Magnesia.	Agua.
Del condado de Devon.	49,60	37,40	»	»	»	11,20
De Harford.....	64,24	25,23	1,52	1,24	»	7,52
De Andennes.....	52,00	27,00	2,00	»	»	19,00
De Hesse.....	47,50	34,37	1,24	0,50	1,00	14,50
De Arcueil.....	62,14	22,00	3,09	1,68	»	11,01
De Vanvres.....	51,84	26,10	4,91	2,25	0,23	14,58
De Gaujac.....	46,50	38,10	»	»	»	14,50
De Montereau.....	64,40	24,60	»	»	»	10,00
De Nevers.....	62,50	23,15	»	2,30	»	12,65
De Estrasburgo.....	66,70	18,20	1,60	»	0,60	12,00

Yacimiento.—Las Arcillas plásticas ó comunes, entre las cuales deben incluirse las refractarias, generalmente hablando se hallan en los terrenos de sedimento, en una posicion intermedia entre las Areniscas, que son rocas de sedimento mecánico, y las Calizas que, por el contrario, deben su existencia á la accion química. De manera que, situadas hácia el fin de depósitos mecánicos, puede decirse que participan en parte de este carácter; debiendo considerarlas como rocas arenáceas de grano sumamente fino, como dice Dufrenoy. Resultado de la destruccion de rocas feldespáticas ricas en Alúmina, esta circunstancia las asemeja mucho al Kaolin, del que se distinguen por verse arrastradas despues por las aguas y suspensas por mucho tiempo en su seno. La diferente composicion de las masas de que proceden, explica satisfactoriamente la diversidad de su naturaleza, y los escollos que ofrece su clasificacion.

En cuanto á los terrenos en que abundan estas Arcillas, puede decirse que, aunque su predominio en los terciarios inferiores de París ha hecho dar este nombre á uno de sus pisos, sin embargo, se encuentran tambien en el cretáceo, y aun en períodos mas antiguos; si bien es de notar que en estos, aunque participan de los caractéres de plásticas, son mas bien refractarias que útiles á la Alfarería y moldeado.

Localidades españolas.—En España estas Arcillas son muy abundantes en el terreno terciario medio, en el cretáceo y jurásico, en los alrededores de Madrid, en Andalucía, Valencia, Castellon y otros puntos. En la cuenca de Almagro ofrecen un color rojo muy intenso, y los habitantes las llaman por esta razon *rubiales*, y *tierra de barros* á la vegetal formada por ellas. La base de los terrenos terciarios de Búrgos está constituida por Arcilla plástica, segun el Sr. Naranjo; en las inmediaciones de Granada y Málaga tambien abundan, segun el Sr. Rojas Clemente, y en mil otros puntos.

Aplicaciones.—En cuanto á las aplicaciones de esta tierra, bastante bien lo dice el adjetivo que lleva, pues *plastos* en griego significa *yo formo*: con efecto, esta sustancia sirve para toda clase de Alfarería; tambien la emplean los escultores para moldear y hacer los bocetos ó modelos en pequeño.

Las famosas alcarrazas de las Alpujarras, de Andújar y otros puntos de nuestra Península, y las de Sicilia &c., se elaboran con una mezcla de Arcilla plástica comun y de Arena ó Caliza, y á veces algo de Sal, obteniendo por este medio, y á favor de una media coccion, la textura porosa tan á propósito para refrescar el Agua.

Las Arcillas con que fabrican las alcarrazas en Andújar pertenecen al terreno terciario; son finas y bastante cargadas de óxido de Hierro; las mezclan con algo de sal comun, y al tiempo de cocerlas se forma un cloruro de Hierro que es incoloro y soluble; la última circunstancia explica por un lado el sabor algo salado que tiene el Agua al principiar á servirse de estas vasijas, y por otro la estructura porosa que adquieren estas, que tanto contribuye á refrescar el Agua, por los espacios que deja el cloruro de Hierro que se disuelve.

c. Arcillas refractarias.

Definicion.—Como apéndice á las Arcillas comunes debemos indicar una de sus variedades mas importantes, por los usos á que se la destina. La Arcilla refractaria se llama así por la propiedad que goza de

resistir á temperaturas muy elevadas; circunstancia debida generalmente á la escasa proporcion de los elementos calizo y ferruginoso que contiene; y á veces tambien, á la presencia de materias bituminosas ó carbonosas, pues estas, al desaparecer por la combustion, comunican cierta porosidad á las vasijas y crisoles que les permite pasar de una alta temperatura á otra mas baja, y vice versa, sin riesgo alguno.

Localidades españolas.—Estas Arcillas abundan en la Península; segun Naranjo se encuentran en Lara, á 5 leguas al S. E. de Búrgos: en Muelas y Pereruelas se explota la que sirve para los famosos crisoles y retortas de Zamora; tambien es excelente la de Segovia, cuyos crisoles se destinaban á las fábricas de Tamajon y Aranjuez; la que se emplea en Alcaraz para ladrillos refractarios en los hornos y chimeneas y para crisoles, en los que se prepara el Zinc y el Laton, procede de Valdepeñas; es muy buena la de Valdemorillo, junto al Escorial, así como la que se conoce en Cartagena con el nombre de *Laguena*, resultado de la descomposicion de una Pizarra arcillosa de colores oscuros entre azul y negro, llamada en el país *Laja*.

Aplicaciones.—En virtud de la propiedad que tanto la distingue, se destina esta Arcilla á la fabricacion de ladrillos refractarios, crisoles, retortas, escorificadores, y hasta para vasijas y otros utensilios de uso doméstico. La variedad bituminosa se emplea en crisoles para fundir el Acero; y la comun, de preferencia á las otras Arcillas, sirve para los moldes de cañones, campanas y toda clase de fundicion análoga.

Al establecer la division de las rocas arcillosas, dijimos que podrian separarse en dos grupos, colocando en el primero á las Arcillas propiamente dichas que acabamos de describir, y en el segundo á la Marga, Greda y Ocres, que algunos consideran como simples variedades de la especie Arcilla comun, de la que solo se distinguen en rigor por las sustancias extrañas que contienen. Pero como quiera que la cantidad de estas materias llega á imprimirles carácter propio, y atendida por otra parte la importancia de sus numerosas aplicaciones, no se extrañará que las describamos aparte.

Segundo grupo.—Arcillas compuestas.

A. Marga y Greda.

Definicion.—La mas importante del segundo grupo es la Marga, roca de apariencia simple muy análoga á las Arcillas, de cuyas propiedades participa en parte: su naturaleza es, sin embargo, mas compleja; for-

mada en general de Arcilla y Caliza en proporciones variables; llamándose *Marga caliza* cuando es aquella la que predomina, y por el contrario *Caliza arcillosa* cuando es esta la que se halla en exceso. A veces á estos elementos se agrega tambien la Arena, en cuyo caso la roca merece el nombre de *Greda*, que conviene no confundir con la Marga, como generalmente se hace, pues sus propiedades y usos son diferentes.

Como que la Caliza es uno de sus elementos esenciales, la Marga hace naturalmente efervescencia en los ácidos; carácter que la distingue de las Arcillas propiamente dichas: así como el resíduo arcilloso que dejan servirá para diferenciarlas de las rocas calizas.

Todas se deslien y forman pasta con el agua, á pesar de que algunas no son realmente plásticas; son además tiernas ó friables y se pegan á los labios con mayor ó menor intensidad. En cuanto á los colores, las Margas y lo mismo las Gredas, afectan todas las tintas imaginables, presentándose raras veces completamente blancas.

La Greda se distingue por su aspecto arenoso; por el tacto mas áspero; y por no formar tan fácilmente pasta con el agua. Además en el resíduo ó poso que deja tratada por el agua ó por los ácidos, se diferencia perfectamente de la Marga propiamente dicha por la cantidad de arenas que deja.

Yacimiento.—Las Margas se encuentran por lo comun en los terrenos calizos en los puntos de tránsito de estas rocas á las Arcillas. Son bastante comunes en los de la época jurásica y principalmente en la cretácea y terciaria. La Greda es propia de los terrenos en que alternan entre sí las capas de Calizas, Arenas y Arcillas. Tambien abundan en la época cretácea y terciaria.

Aplicaciones.—Por lo que toca á las aplicaciones puede decirse, que las variedades en que predomina la Arcilla se destinan á la Alfarería en general y á la preparacion de la Cal hidráulica y de los Cementos como ya indicamos. La Greda en particular puede utilizarse en la elaboracion de las alcarrazas por la cantidad de arenas que contiene. Pero lo que da gran importancia á esta roca, es el ser uno de los mejoramientos mas útiles de las tierras; tanto por la Cal y otras sustancias que suministra, cuanto por el estado particular con que se presentan estos elementos indispensables al desarrollo de las plantas. En la Geología agrícola entraremos en mayores detalles acerca de la Marga y sus utilísimas aplicaciones.

B. Légamo.

Sinonimia.—Lehm, *Loess* (en aleman), *Limo*, *Cieno*, *Tarquin &c.*

Definicion.—Esta roca representa la mezcla confusa de elementos arcillosos, calizos, arenáceos y con frecuencia tambien ferruginosos, con mucha cantidad de agua; resultado de la sedimentacion de las partes mas ténues de los materiales que arrastran las aguas. Encuéntrase generalmente en los Alfaques, en el álveo de muchos rios y en la tierra vegetal; siendo el Lehm ó Loess, por excelencia, uno de los productos que distinguen particularmente el terreno llamado *cuaternario* ó *del diluvio*. Al hacer la descripcion de este período de la Historia física de la tierra, daremos mas pormenores acerca de tan importante roca.

C. Ocre.

Sinonimia.—Almagra, *Ocre rojo* y *amarillo*, *Sanguínea*, *Rojo de Marte*, *Bol*, *tierra de Sombra*, *tierra de Siena*, *tierra de Italia &c.*

Definicion.—Los Ocres son Arcillas muy cargadas de óxidos de hierro á los que deben sus diversos colores. Cuando el óxido es anhidro (hierro oligisto), el color es rojo y se llaman los Ocres sanguíneos; cuando por el contrario, es hidratado (limonita), son amarillos; estos se hacen rojos por la torrefaccion.

De lo dicho se infiere, que tanto los caractéres físicos como gran parte de los químicos y las relaciones geognósticas deben ser sino idénticas, muy análogas á las de las Arcillas; por cuya razon, es excusado entrar en mayores detalles.

Localidades españolas.—Los Ocres de todos colores abundan en la Península, en particular en los terrenos cretáceos del Levante y Mediodía, alrededor de los depósitos de hierro hidratado. Tambien van mezclados con las rocas traquíticas descompuestas que dan lugar al Alumbre, extrayéndose del poso que dejan estas piedras en las operaciones á que se someten para el beneficio de dicha sustancia. Tal era y es, aunque en menor escala en la actualidad, la procedencia de la famosa *Almagra* ó sea el Ocre rojo que se explota desde tiempo inmemorial en el pueblo de Mazarron, sustancia que se emplea para dar frescura al tabaco en polvo que se elabora en las fábricas de Sevilla y otras del Reino. Es muy posible que Sierra Almagrera deba su nombre á la abundancia de estos Ocres ó Almagras. El Sr. Bowles en la introduccion á la Historia

Natural de la Península, dice haber hallado entre la Puebla de Alcocer y Orellana (Badajoz), el Ocre mas fino y hermoso del mundo; son sus palabras.

Aplicaciones.—Los Ocres se emplean en la preparacion de los lápices de colores para lo cual se deslien, se secan y aglutinan por medio de la goma; se destinan á elaborar las pastillas para el pastel, temple y hasta para los colores finos.

Segunda especie.—Arenas y Areniscas.

Para completar todo lo relativo á la importantísima descripcion de las rocas de sedimento, resta decir algo acerca de las Arenas, ya en estado de tales, ó aglutinadas formando las Areniscas ó Asperones.

A. Arenas.

En obsequio á la exactitud del lenguaje, convendria se fijase de una vez el valor de la palabra *Arena*; pues con frecuencia la falta de precision hace incurrir en graves errores. Para evitar dudas é incertidumbres, el Sr. Omalius propone se aplique tan solo á los granos de excaso tamaño, por lo comun redondeados ó angulosos, de Cuarzo. Las expresiones arenas calizas, feldespáticas &c., deben sustituirse, segun este autor, con mas exactitud por las de Caliza, Feldespato &c. pulverulentos. Aunque sería de desear que así se hiciese, siempre se tropezaria con la dificultad del asentimiento unánime que el lenguaje ha dado y da á esta palabra.

Resultado, cuando los granos son irregulares, de la descomposicion y trituracion de las rocas silíceas y graníticas; producto de precipitacion química cuando se presentan en forma de pequeños cristales, las Arenas, cualquiera que sea su procedencia, se encuentran muy abundantes en la naturaleza formando capas ó bancos á veces de mucho espesor y extension en todos los terrenos de sedimento; y muy especialmente en los terciarios y diluviales.

Las Arenas son casi siempre resultado de la fragmentacion y trituracion de las rocas silíceas; y como el tamaño de sus granos no es sino un efecto de esta accion, parece natural que entre ellas y las grandes masas de donde proceden, deban encontrarse diferentes gradaciones de tamaño que por necesidad ocuparán zonas diferentes. Cada uno de estos estados particulares ha recibido un nombre especial, á

saber: el de *peña*, *peñasco*, *masa*, *canto* ó *cancho* &c., las grandes porciones ó masas destacadas de las montañas; al terreno en que abundan se le llama en varias provincias de España, *peñascal* y *berrocal*; luego vienen los *guijarros*, que son cantos mas pequeños y redondeados ó elipsoidales; la *grava*, por fin, es un estado intermedio entre estos y las Arenas propiamente dichas, última expresion de estas rocas.

Esta separacion de tamaños cuadra perfectamente con la posicion respectiva de cada grupo; viéndose los peñascos en las cimas, y mas comunmente en las faldas de las montañas; los guijarros en el curso de los rios; la grava en los puntos mas cercanos á su desembocadura, y por fin las Arenas en las desembocaduras mismas y en las playas y costas.

Los desiertos diríase que son antiguos mares ó playas inmensas abandonadas por las aguas, á juzgar por el papel casi exclusivo que en ellos desempeñan las Arenas.

Yacimiento.—Las Arenas propiamente dichas son muy abundantes en todos los terrenos; pero en especial en la base y en toda la extension de los terrenos terciarios y cretáceos. Tambien son comunes estos depósitos en la época diluvial; encontrándose allí mezcladas con gravas, cantos, y guijarros de todas formas y tamaños.

Aplicaciones.—Los usos á que se destinan las arenas son numerosos é importantes. En primer lugar son la materia primera en la fabricacion del Vidrio y del Cristal cuando se presentan puras ó desprovistas de partículas extrañas; se emplean en la preparacion del vidriado y barniz con que se cubre la loza; en Mejorada de Talavera se explota una rica mina de Arenas muy finas que se destinan á las fábricas de este pueblo. Mezcladas con la Cal en proporciones convenientes forman las argamasas; para este uso se emplean generalmente las de rio, pues la parte de Sal que contienen las de las playas perjudica mucho á la construccion por la humedad que retienen. En el caso de no poder echar mano de otras, será preciso lavarlas repetidas veces para privarlas de la indicada sustancia.

Sirven las Arenas, sobre todo las puras y bien finas, para los moldes en las fundiciones; para cuya operacion generalmente las tamizan antes; lo cual es indispensable cuando se destinan á moldear objetos pequeños y de delicadeza de detalles, en los que la mas insignificante irregularidad en los granos determinaria defectos en el vaciado.

B. Areniscas.

Sinonimia.—*Asperon*, *Arkosa*, *Metaxita*, *Psamita*, *Traumata*, *Grauwacka*, *Molasa*, *Maciño*, *Gonfolita* ó *Nagelfluh*, *Anagenita*, *Sandstein* (aleman), *Sandstone* (inglés), *Pudinga* &c.

Definicion.—Las *Areniscas* ó *Asperones*, como se llaman vulgarmente en la Península, representan un grupo de rocas compuestas de granos de diferente tamaño, de Sílice pura ó mezclada con otras sustancias; con frecuencia teñida por óxidos metálicos y reunidos por un cemento ó masa unitiva, como decia Herrgen, silícea, feldespática, caliza, ferruginosa ó de cualquier otra naturaleza, de existencia anterior ó posterior á la formacion de aquellos. En general son rocas de tacto áspero; de textura granugienta, variable segun el tamaño de los elementos que entran en su composicion. Sus colores varían hasta el infinito; presentándose blancos, á veces muy puros y de diferentes tintas, segun los óxidos metálicos que los tiñen.

Variedades.—Las Areniscas, como las demas rocas que hemos descrito, ofrecen un gran número de variedades, dependientes unas de su textura y del tamaño de sus elementos, y otras de las sustancias que se encuentran en su composicion. Las hay *comunes*, *compactas*, *lustrosas*, *pizarrosas*, *pudingas* y aun *brechas*, cuando el tamaño de los fragmentos es mayor y de formas redondeadas ó angulosas; tambien existen variedades *feldespáticas* (Arkosa y Metaxita) compuestas de Feldespato puro ó alterado; *arcillosas* (Psamita, Arenisca carbonífera y Traumata) por la mezcla de Arenas y Arcilla; *micáceas* (Psamita y Grauwacka en parte); *calizo-arcillosas* (Maciño y Gonfolita); *ferrífera* y *poligénica*, que es cuando un cemento arenoso aglutina fragmentos de toda clase de rocas.

Admitido este modo racional de considerar las variedades de las Areniscas, propuesto con mucha oportunidad por el Sr. Coquand, podrian desterrarse del lenguaje científico una porcion de voces que pueden inducir á errores de trascendencia; y aunque esto no sea posible llevarlo á cabo en muchas, por el asentimiento unánime de los geólogos de todos los paises, debe, sin embargo, hacerse respecto de otras, tales como Grauwacka, Metaxita, Mimófido y otras, tanto porque no expresan su composicion, cuanto porque algunas, como la Grauwacka, se aplicaba en otro tiempo mas bien á un terreno, que á una roca.

Yacimiento y clasificacion.—Conocido el orígen de las Arenas, base

fundamental de los Asperones, es fácil deducir que estos deben encontrarse en los terrenos de sedimento, desde los mas antiguos hasta los que se forman hoy dia en el fondo de los lagos y mares. De aquí el poderse establecer una clasificacion cronológica ó por capas y terrenos correspondientes á los diferentes períodos de la historia de nuestro planeta. Esta clasificacion, interesante bajo el punto de vista histórico, ofreceria, sin embargo, escaso interés para la descripcion de las numerosas variedades de esta especie, no solo porque no nos ilustraria en nada respecto á su composicion, sino porque daria tambien lugar á frecuentes repeticiones, por cuanto en dos épocas diferentes pueden haber sido idénticas las condiciones y los materiales que los formaron, dando por resultado rocas idénticas. En su consecuencia es preferible adoptar la clasificacion que se funda en la naturaleza del cemento y en la pureza ó mezcla de las sustancias aglutinadas. Bajo este concepto se describirán tan solo aquellas variedades que ofrecen un verdadero interés científico y de aplicacion.

a. Arenisca cuarzosa.

La primera es la llamada Arenisca cuarzosa ó Asperon por excelencia, tipo de la especie; compuesta de granos redondeados y de diferente tamaño de cuarzo cementados por la Sílice: á veces contiene algunas materias calizas, en cuyo caso, tratada por los ácidos, hace un poco de efervescencia. El color de esta roca suele ser blanco, algo gris ó súcio, y á veces, á beneficio de los óxidos hidratados ó anhidros de Hierro que contiene, suele tomar una tinta amarillenta ó rojiza. A veces la roca se hace sumamente compacta, de aspecto como vidrioso; fractura brillante y traslúcida en los bordes, y algo concóidea; en este caso la Arenisca recibe el nombre de *lustrosa*. Este aspecto y textura es debido á una cementacion muy fina, en la que los granos han desaparecido casi por completo en la masa del cemento silíceo; pudiendo suceder tambien que hubiese sufrido la roca un principio de fusion, ó mejor de una verdadera accion química.

Yacimiento.—Esta Arenisca se encuentra en casi todos los pisos del gran grupo de terrenos secundarios y terciarios. Una de las localidades mas características es Fontainebleau (Francia). Segun Thalaker, la variedad cuarzosa se encuentra en Teruel y Barbastro.

b. Arenisca ferruginosa.

Con bastante frecuencia los óxidos de hierro en vez de ser simples materias tinturantes, constituyen el elemento esencial de la roca. En este caso, resulta una Arenisca, variedad de la anterior, conocida con el nombre de ferruginosa ó ferrífera, cuyas relaciones geognósticas, criadero y demas circunstancias son próximamente las mismas.

Localidades españolas.—El Sr. Collete cita esta variedad en Ramales, Algorta, Zugastieta, en Ochandiano y otros puntos de la provincia de Vizcaya; el Sr. Schulz, dice encontrarse al E. de Montfurado del Sil, al O. de Goyan, y en otras localidades de Galicia.

c. Arenisca verde ó glauconia.

Otra variedad de Arenisca es la llamada verde, por su color, y tambien clorítica por ser la *Clorita* (silicato de Hierro), el elemento dominante que le imprime un sello particular característico. Se diferencia de la que se acaba de describir, por la coloracion que en vez de ser blanca ó rojiza uniforme, es verde, verdosa ó blanca manchada de pequeños puntos verdes debidos á la Clorita, que le da el carácter, aunque no siempre predomina este elemento en cuanto á la cantidad relativa. El cemento de esta Arenisca suele ser calizo ó margoso y á veces enteramente silíceo.

Yacimiento.—Esta roca se encuentra en capas de grande espesor y extension en el período ó terreno cretáceo; llegando á tal punto su desarrollo y predominio en muchas localidades, en Francia, Inglaterra, Alemania y otras naciones, que hoy dia constituye una seccion importante de dicho terreno cuyo nombre lleva, como veremos en su lugar. Es notable por otro lado la riqueza y variedad en fósiles del piso constituido por esta roca. Tambien se la ve en los terciarios.

Localidades españolas.—En varios puntos del terreno cretáceo, se encuentra esta roca como en Alcalá de Chivert, Cinctorres y Morella (Castellon): cerca de Molina de Aragon, Rubielos de Mora y otros, (Teruel); en Infantes (Ciudad-Real) &c.

d. Molasa.

Muy parecida á esta variedad es la llamada *Molasa* por los italianos, aunque su yacimiento y relaciones geognósticas son diferentes.

Definicion.—La Molasa, llamada así de la palabra francesa *molle* que significa *blando* por el estado que ofrece la roca cuando sale de la cantera, es una arenisca compuesta de granos generalmente muy finos de Cuarzo mezclados con partículas de Feldespato, Caliza y Mica, con porciones verdes de Talco ó de Serpentina, y alguna vez fragmentos de conchas fósiles, reunidos por un cemento margoso ó calizo; de textura porosa y blanda.

La Molasa es generalmente tierna, algo friable; hace algo de efervescencia tratada por los ácidos; impregnada de Agua cuando sale de la cantera, se deja tallar con facilidad; despues adquiere la consistencia que le da gran valor como piedra de construccion. Todos los edificios y monumentos de las ciudades de Berna, Lausana, Saint Gall y otras poblaciones principales de la Suiza están construidos con esta roca.

Yacimiento.—La Molasa se presenta en capas considerables muy ricas, por cierto, en fósiles, en el terreno terciario medio ó miócено que en Suiza particularmente, ha recibido por excelencia el nombre de aquella roca por su gran desarrollo.

Localidades.—La region clásica de esta roca es la Suiza, cuyos terrenos miócenos casi están constituidos exclusivamente por ella y por el Nagelfluh.

Segun La Cortina, se encuentra no lejos de Múrcia, en donde se la destina para la construccion; en Penarroya (Córdoba): cerca de Ruidera (Ciudad-Real): en el Sotillo, Torrecuadrada y otros puntos de la provincia de Guadalajara. Segun Thalaker, existe en Monzon.

Gonfolita.—Con frecuencia esta roca pasa por el mayor tamaño de sus granos á una especie de conglomerado tan variable en su composicion como la Molasa misma, que ha recibido el nombre de Nagelfluh, ó sea roca de clavos (*nagel*, clavo en aleman). Brongniart la llamó Gonfolita, que quiere decir lo mismo en griego (*gomphos*, clavo). La razon de estas denominaciones consiste en la superficie áspera y desigual que ofrece la roca por la facilidad con que se descompone, siendo poco sólida y por consecuencia deleznable. Generalmente esta roca se halla asociada á la Molasa en el terreno *miócено* suizo; adquiriendo en algunos puntos gran desarrollo como he tenido ocasion de ver en el Righi (Lago de los cuatro cantones). Segun La Cortina, se encuentra la Gonfolita en Ranales y el Sotillo (Guadalajara).

e. Maciño.

El Maciño es una Arenisca muy análoga á la Molasa por la naturaleza de sus elementos, si bien difiere por su posicion geognóstica. Está formada de granos de Cuarzo en menor cantidad que en aquella; de Feldespato que es mas abundante; de hojuelas de Mica y otras sustancias accidentales reunidas por un cemento de Marga, ó de Cal y Arcilla; endurecida con frecuencia por un principio de metamorfismo, circunstancia que distingue á esta roca de la anterior.

Como consecuencia del estado particular que ofrece, á veces, el cemento, la roca es mas consistente y no se deja penetrar por el Agua con la facilidad que se observa en la Molasa. La abundancia de la Mica le da á menudo un aspecto ó apariencia hojosa.

Yacimiento. — El Maciño pertenece al terreno terciario inferior ó nummulítico, en el que ha recibido el nombre de *Arenisca* de Fucoides, por la abundancia con que en él se presentan estas plantas fósiles. Algunos geólogos designan tambien con el nombre de *Maciño* algunos pisos del terreno cretáceo superior.

Localidades.—Esta roca es abundante en Suiza, en los Apeninos y en otros puntos de Europa. El Sr. La Cortina, la cita en Molina de Aragon, en Aragoncillo y en Anquela; en Almería, y en el Pobo, en el Señorío de Molina.

f. Arkosa.

Sinonimia.—Arenisca feldespática, *Metaxita*, *Hialomicta* y *Pecmatita* en parte, de Omalius.

Definicion.—El nombre de *Arkosa* se aplica á una Arenisca compuesta de granos de Cuarzo que es el elemento que predomina, mezclados con otros de Feldespato, y á veces algo de Arcilla y Pizarra cementada por la Sílice. Con frecuencia la parte feldespática se halla descompuesta ó en estado de Kaolin, y entonces constituye la roca llamada por Cordier *Metaxita*. De manera, que esta roca cuyos caractéres son los asignados á las demas Areniscas, es el resultado inmediato de la descomposicion del Granito y de una recomposicion posterior.

Variedades.—Segun la textura que ofrece, se distingue la Arkosa en *comun*, *granitóidea* y *miliar*, que es cuando los granos son pequeños como los del Mijo ó Alpiste.

Yacimiento. — La Arkosa se encuentra en los terrenos de sedimento formando parte integrante de ellos; casi siempre en relacion con su roca matriz, el Granito. Aunque alguna vez se presenta en los paleozóicos, y en particular en el carbonífero, alguna Arenisca parecida á la Arkosa, sin embargo, el verdadero yacimiento de esta es en los terrenos secundarios, y muy particularmente en el Lias. En las colecciones petrográficas que traje del extranjero, figuran algunos ejemplares de Arkosa, recogida por mí en Avallon (Francia), llena de la *Ostrea arcuata*, fósil característico de la base del indicado piso jurásico: en el Gabinete de Historia Natural se conservan, en donde pueden consultarlos los amantes de la ciencia. En Hettange (departamento de la Mosella), y en el Luxenburgo, existe una Arenisca que lleva el nombre de aquella localidad, esencialmente Silícea y de grano muy fino, cuya posicion ha originado sérios debates, y hasta motivó una reunion extraordinaria de la Sociedad geológica de Francia: el exámen atento y minucioso de los muchos fósiles que contiene, la han hecho colocar tambien en el Lías.

Localidades españolas.—El Sr. La Cortina, cita esta roca en las cercanías de Bonabal (Guadalajara), en dónde dice reposa sobre pizarras arcillosas del terreno silurio: tambien en Manzanares de la Sierra, en relacion con los Granitos, Gneis y Pizarras silíceas, y en el término de Cabanillas (Madrid).

Aplicaciones.—La Arkosa silícea se emplea como piedra de construccion, y para empedrados y recomposicion de caminos.

g. Psamita.

Sinonimia.—Arenisca roja antigua y moderna, *Arenisca abigarrada*, *Traumata* y *Grauwacka* en parte &c. En las provincias de Castellon y Valencia la llaman *Rodeno*.

Definicion.—Bajo el nombre colectivo de *Psamita*, se comprenden por algunos geólogos una porcion de Areniscas y Conglomerados conocidos bajo las denominaciones vagas apuntadas en la Sinonimia, que han contribuido no poco á embrollar el lenguaje y hasta la ciencia misma. Todas estas variedades están compuestas de elementos silíceos de diferente tamaño, mezclados con materias arcillosas y hojuelas de Mica, cementados por la Sílice ó el Feldespato. Sus colores son varios, aunque en general predomina el rojo, y de aquí las denominaciones de Arenisca roja, Arenisca abigarrada y otras. Su textura es granugienta como la

de todas las areniscas, si bien al pasar á los estratos de Arcillas ó Pizarras, se hace algun tanto hojosa y tabular. Tambien con frecuencia se presentan en Brechas y Pudingas por el tamaño de sus materiales.

Yacimiento.—Las diversas modificaciones de la Psamita se encuentran en los terrenos mal llamados en otro tiempo primitivos, de la Arenisca roja antigua, de la Grauwacka &c., conocidos hoy con mas exactitud bajo la denominacion de *paleozóicos*. Tambien forma uno de los pisos mas característicos del terreno triásico en la base de los secundarios, en donde se la llama Arenisca abigarrada ó roja moderna; por último, no es raro encontrar en terrenos mas modernos algunas Areniscas micáceas que pueden referirse á la Psamita.

Localidades extranjeras.—Esta roca es muy comun en todos los paises en que abundan los terrenos antiguos, principalmente en el carbonífero de Inglaterra y Bélgica, en el devonio y triásico en Francia &c.

Localidades españolas.—En España esta roca abunda en el período del trias; pudiendo citar la Sierra Espadan con todas sus ramificaciones, las montañas del Desierto de las Palmas, Borriol y otros (Castellon), Portaceli, el Puig &c. (Valencia) en donde ofrece bellos tránsitos á Pizarras arcillosas y á la pretendida Grauwacka; toda ella es muy micácea (1).

Aplicaciones.—Esta roca se emplea generalmente en la construccion; la variedad pizarrosa se destina á cubrir los edificios, y para las aceras; todo el empedrado de Valencia, al que en estos últimos años se ha dado gran impulso, es de Rodeno en forma de cuñas ó adoquines para el arroyo, y en baldosas para las aceras. En el puerto del Grao se consume mucho Rodeno: y se está terminando un ferro-carril que va al Puig, cerca de Murviedro, con el fin de trasportar toda la piedra que se necesita para concluir esta obra de tanta importancia.

b. Itacolumita.

Sinonimia.—Arenisca elástica del Brasil.

En esta seccion de Areniscas micáceas debe hacerse mencion de una roca importante que es la que encabeza este artículo. La *Itacolumita* es una Arenisca compuesta de granos de Cuarzo hialino micacífero, cementados por la Sílice, y dispuestos de tal modo, que dan cierta elasticidad

(1) Los que deseen mas pormenores pueden consultar mi *Memoria* geognóstico-agrícola sobre la provincia de Castellon, premiada en concurso público por la Academia de ciencias en 1858.

á la roca; razon por la cual lleva tambien el nombre indicado en la sinonimia. Los geólogos no andan acordes en el modo de considerarla, creyendo unos ser una Pizarra micácea, mientras que otros quieren que sea una Cuarcita.

Yacimiento.—Esta roca puede decirse ser peculiar del terreno silurio del Brasil, en donde se encuentra en la llamada Sierra del Grammagoa; fundándose toda su importancia en ser la roca en que se encuentran los Diamantes; hecho curioso adquirido para la ciencia en 1843.

Localidades españolas.—El Sr. Schulz, dice haber visto esta roca curiosa en la ria de Foz, en las riberas del Fazouro, á cuatro leguas al N. de Mondoñedo, en Lousada, la Goia y en otros puntos de Galicia, aunque no indica, por desgracia, si llegó á encontrar algun Diamante; lo cual daria á la Itacolumita gallega el mismo valor industrial que reconocemos en la brasileña.

i. Arenisca carbonífera.

Sinonimia.—Verrucano.

Definicion.—Aunque en la composicion del *terreno carbonífero* se encuentran varias areniscas, y con frecuencia la Psamita; se ha reservado, sin embargo, este adjetivo á una variedad que le es, por decirlo así, peculiar. Esta roca, á la que los italianos dan el nombre de *Verrucano*, expresion vulgar en Toscana, consta de granos, y á veces de chinas ó guijarros silíceos mezclados con fragmentos de Pizarras y de materias bituminosas ó carbonosas, cementado todo por una sustancia silícea, arcillosa ó feldespática. Los colores de esta Arenisca son muy variados; presentándose unas veces gris ó blanco súcio, otras rojo ó morado, imitando el color de las heces del vino. Su textura es granosa y tambien brechiforme, y de Pudinga conforme al tamaño y forma de los fragmentos. La famosa Brecha ó Pudinga de Valorsine (Suiza) corresponde á esta roca.

Yacimiento.—La Arenisca de que nos ocupamos corresponde al terreno carbonífero superior, como entre otras cosas lo prueba la existencia en ella de plantas fósiles de este período.

Localidades.—Se encuentra en todos los puntos en que abunda el Carbon verdadero ó Ulla; y en España en particular, existe en los famosos criaderos de Asturias, Leon y Palencia, en Belmez y Espiel, en San Juan de las Abadesas &c.

Tales son entre las numerosas variedades de Areniscas que se admiten hoy en la ciencia, las que realmente ofrecen interés por la utilidad de sus aplicaciones.

Como veremos al hacer la descripcion de los diferentes períodos geológicos, las Areniscas recorren toda la série de los terrenos de sedimento; observándose cierta localizacion de cada variedad en determinadas formaciones en medio de la confusion que al parecer reina en la distribucion de las rocas. Así es que los terrenos silurio y devonio tienen su Arenisca propia hasta cierto punto, y es la llamada *Grauwacka;* el carbonífero presenta la Psamita, y la que por excelencia lleva el mismo nombre del terreno; el pérmio ofrece la llamada por los alemanes *roth todtliegende;* el triásico empieza por la Arenisca abigarrada; el jurásico posee la Arkosa y la llamada *infraliasica;* el cretáceo las Areniscas verdes ó glauconias; los terciarios el Maciño, la Molasa, la Arenisca de Fontainebleau &c.

Aplicaciones.—En cuanto á los usos y aplicaciones de estas rocas, son numerosas y de gran importancia. En estado de integridad son excelentes piedras de construccion, y sirven tambien para el empedrado de las calles y conservacion de los caminos. Además, las areniscas son la matriz de la mayor parte de las arenas que resultan de su propia descomposicion, y como que estas pueden considerarse como primeras materias de muchas industrias, se ve que indirectamente sirven á los mismos usos.

Apéndice.—Magnesita.

Sinonimia.—Espuma de mar, *Piedra loca* &c.

Como apéndice á las rocas de sedimento vamos á describir la *Magnesita*, roca de orígen dudoso y de posicion geognóstica no muy clara; supuesto que en algunos puntos presenta todos los caractéres de roca de sedimento; y en otros es, á no dudarlo, eruptiva ó metamórfica. Solo la importancia que tiene en la Península, y los usos numerosos á que se destina, me obligan á darla á conocer.

Definicion.—La Magnesita, como su mismo nombre lo indica, es una roca compuesta de Silicato hidratado de Magnesia mezclado con otras sustancias, y principalmente con el carbonato magnésico: de color blanco mate; estructura algo porosa; bastante pesada cuando sale de la cantera, muy ligera despues por el agua que pierde; razon por la cual el vulgo la llama *Piedra loca*; su tacto es áspero antes de labrada, muy

suave despues; se presenta en masa ó en capas; tambien en nódulos y á veces en filones ó vetas.

Yacimiento.—La Magnesita se encuentra en terrenos modernos; unas veces formando parte de los de sedimento de la época terciaria; otras en vetas ó filones intercalados ó empotrados en rocas serpertínicas, como se nota en varios puntos del Piamonte.

Localidades españolas.—En España existen por lo menos dos criaderos importantes: el uno es Vallecas, en el terreno mióceno; el otro Cabañas, junto á Toledo. Este último fué objeto, á principios de este siglo, de una explotacion abundante, dirigida y costeada por una sociedad extranjera que la exportaba para los usos que se van á indicar.

Aplicaciones.—La Magnesita ordinaria, la mas comun, muy fácil de labrar cuando sale de la cantera, la destinan á la fabricacion de vasijas y hornillos que son excelentes porque resisten mucho á la accion del fuego. Cuando el grano es mas fino, y su textura muy igual, de color uniforme y blanco mate, sirve para elaborar objetos de adorno de muy buen efecto, y principalmente para boquillas de fumar y para pipas; por cuya razon se le da tambien el nombre de *tierra de pipas.*

La primera Magnesita que se conoció en Europa, procedia de la Crimea y de Kiltschick, en la Natolia; se le dió el nombre de *Espuma de mar* por su blancura, y por suponer que era la petrificacion del enjabonado que forman las aguas cuando se hallan agitadas.

SEGUNDO ÓRDEN.

Rocas metamórficas.

Como su mismo nombre lo indica, las *rocas metamórficas* son aquellas grandes masas minerales de sedimento que han sufrido alguna alteracion profunda en sus propiedades físicas ó en su composicion química, despues de constituidas. Hablando con todo rigor las rocas descompuestas debian figurar tambien en este órden; pero como este metamorfismo merece un nombre especial, del que participan igualmente las rocas, prescindiremos de ellas, contando tan solo entre las metamórficas aquellas cuya alteracion es debida á la accion directa de las rocas ígneas en su aparicion á través de los terrenos de sedimento; ó bien ocasionada por las emanaciones gaseosas, ó por la accion combinada del magnetismo, presion y demas agentes que directa ó indirectamente han obrado sobre ellas.

Lo mas difícil en esta materia, no es señalar el carácter particular de la accion, sino marcar los verdaderos límites de la esfera en que han obrado los agentes, é indicar en consecuencia, cuáles son las rocas que bajo la denominacion de metamórficas deben comprenderse en este órden. Tanto mas difícil es esto hoy cuando vemos que unos niegan hasta cierto punto la existencia de este fenómeno, mientras que para otros no hay una sola roca que haya dejado de sufrir su influencia. Sin aceptar ninguno de estos extremos, y admitiendo con la mayor parte de los autores el metamorfismo, si bien dentro de ciertos límites, contaremos en el número de las rocas metamórficas el Gneis, las Pizarras, la Caliza sacaróidea, la Oficalcia, el Cipolino, la Dolomia, el Yeso, la Sal, la Termántida y algunas mas, aunque de escasa importancia. Tambien las hay entre las graníticas, básicas y volcánicas, que han sufrido la influencia de esta accion; pero se debe prescindir de ellas habiéndolas ya descrito en su lugar correspondiente.

Caractéres generales.—Las rocas verdaderamente metamórficas ofrecen una porcion de caractéres que las distinguen de todas las demas. En primer lugar, siendo rocas de orígen neptúnico ó de sedimento, no solo se presentan estratificadas de un modo mas ó menos evidente, sino que tambien contienen restos orgánicos en su masa; á pesar de que el no llevar no debe ser motivo para excluirlas; pues además de que no todas las de sedimento los poseen, puede suceder muy bien que con los cambios que han experimentado hayan desaparecido.

Además de este, el carácter mas distintivo y peculiar, es el que se deduce de la posicion y relaciones geognósticas de estas rocas; pues en general, se las encuentra en contacto de masas cuyo orígen ígneo no puede ponerse en duda, y á veces hasta empotradas en ellas; no siendo raro encontrar fragmentos de rocas metamórficas entre las ígneas, y vice versa. Otras veces las relaciones no son tan directas, pero no por eso menos evidentes como lo confirma el hallarse, por ejemplo, en la direccion del eje de alguna cordillera cristalina ó volcánica, de alguna gran falla ó hendidura por donde en épocas diversas han salido materiales gaseosos ó en fusion, del interior del globo. Además, el desórden que con frecuencia reina en los terrenos formados por estas rocas; la dislocacion y el levantamiento de sus capas ó estratos, unido á los cambios en los caractéres físicos y hasta en la naturaleza química que se observan en las rocas á medida que nos acercamos á algun centro de accion ígnea, son los principales rasgos distintivos de las rocas metamórficas. Por último, aquellas en que como la Caliza, el Yeso y otras

se conocen todavía las de sedimento normal de que proceden, el carácter que mas las distingue, y precisamente el que hizo sospechar la existencia de este fenómeno, es el cambio de estructura y hasta de composicion que en ellas se nota á medida que se apartan de la roca matriz y se aproximan á la causa modificadora.

Division.—Examinadas detenidamente las rocas de este órden vemos que unas se encuentran cási siempre en relacion con los Granitos; su textura es mas ó menos hojosa y generalmente de aspecto cristalino; estas forman el primer género, al que adoptando la expresion inventada por el ilustre Omalius d'Halloy llamaremos *cristalofílico* que expresa precisamente el carácter mas dominante en las indicadas rocas, la textura cristalina. Las otras como que proceden de rocas neptúnicas conocidas, las repartiremos en los dos géneros en que colocamos á estas, pues ó son de sedimento químico ó de depósitos mecánicos.

PRIMER GÉNERO.—*Rocas cristalofílicas.*

Definicion.—Las rocas de este género que á los caractéres que acabamos de apuntar puede asignárseles tambien el de que en general pertenecen á terrenos antiguos, como lo atestiguan con frecuencia los restos fósiles que ofrecen, se dividen en dos especies principales representadas por el Gneis y las Pizarras.

Primera especie.—Gneis.

Sinonimia.—Granito pizarroso de muchos autores, *Granito veteado &c.*

Definicion.—La palabra Gneis ha pasado del lenguaje usual de los mineros sajones al de la ciencia, expresándose con ella una roca fanerógena, compuesta de Ortosa laminar y Mica como elementos esenciales: á veces se presentan accidentalmente el Cuarzo, el Granate, el Talco, el Anfibol y hasta materias carbonosas que revelan en la roca un orígen neptúnico. El Talco y el Anfibol suelen adquirir bastante importancia estableciendo el tránsito á la Protogina y Sienita, de las que algunos autores la consideran como simples variedades de textura pizarrosa.

La textura de esta roca considerada en detalle es hojosa ó laminar, mientras que mas en grande es tabular, separándose en gruesas lajas en las que la Mica, en especial, conserva siempre cierta tendencia al paralelismo. A veces los elementos disminuyendo de tamaño dan á la roca

un aspecto granitóideo; y por el contrario los cristales que se ven esparcidos en su masa le comunican otras, el carácter apórfido ó de un Pórfido pizarroso. El color del Gneis en general es el gris pardo, aunque varía segun el de sus elementos constitutivos.

El Gneis presenta, como subordinadas á su masa, una porcion de rocas muy importantes no solo bajo el punto de vista industrial, sino tambien para el esclarecimiento de cuestiones de la mayor trascendencia, como veremos mas adelante. Entre ellas las principales son varios Mármoles y Calizas metamórficas puras ó mezcladas con el Talco y la Mica; Dolomias, ciertas Areniscas y conglomerados, como ha demostrado Mr. Logan en el Canadá, y masas de Grafito y Antracita, segun puede verse al O. de Val d'Ajol (Vosgos), en varios puntos del litoral en el departamento del Var, en Santo Tomé del valle de Oro (Galicia), y en otras localidades. Además, se presentan en esta roca varios criaderos metalíferos afectando la forma de filones ó bolsadas; siendo las principales especies que en ella se explotan hoy el Manganeso, la Galena, el Cobre, el Estaño, el Hierro, la Plata, el Cobalto y el Antimonio.

Yacimiento.—El modo de estar y las relaciones geognósticas de esta roca han motivado varias é importantes discusiones entre geólogos de primera nota; deduciendo de ellas los unos, que debe considerarse como producto ígneo; mientras que los otros, por el contrario, la tienen por verdadera metamórfica; haciendo extensivas estas consideraciones á las Pizarras micáceas, talcosas y comunes, con las que se halla asociado.

El Sr. Riviere coloca en lo que él llama terreno granítico no solo el Gneis, que considera como variedad pizarrosa de la roca fundamental, sino tambien las Pizarras micáceas y talcosas y las Calizas puras ó compuestas que se presentan como elementos subordinados. Segun este distinguido geólogo, el Gneis pasa en su base al Granito de una manera tan íntima é insensible, que no puede menos de admitirse en ellas un orígen idéntico. Por arriba se nota tambien un tránsito no menos notable hácia las Pizarras micáceas y talcosas; de donde deduce que todas estas rocas son resultado del enfriamiento del globo, dependiendo su textura y aspecto de su respectiva composicion química. Estos tránsitos que son claros y evidentes cuando se halla completa la série de las rocas graníticas, dependiendo el paso gradual de unas á otras del desarrollo de los tipos intermedios, aumentando este elemento ó disminuyendo aquel; se explican mas difícilmente cuando en virtud de la falta de alguna de las rocas intermedias el paso es brusco y repentino.

Otros, siguiendo á Elie de Beaumont, sin negar que tal sea el yaci-

miento y relaciones del Gneis, lo consideran como roca neptúnica en su orígen; pero que en razon á las condiciones que debia ofrecer el globo durante y despues de su formacion, ha adquirido, lo mismo que las Pizarras mencionadas, esa textura cristalina y hasta la composicion que las distingue. Fúndanse para ello en el carácter neptúnico de ciertas rocas tales como las Calizas sacaróideas, los Cipolinos, las Areniscas, conglomerados y otras que siendo de sedimento se encuentran subordinadas al Gneis y demas rocas del terreno granítico de Riviere. Otra prueba en apoyo de esta doctrina es la presencia del Grafito y Antracita en estas rocas; pues es muy probable que estas sustancias sean el resultado de la fosilizacion de plantas acarreadas ó depositadas primitivamente en el mismo mar y en el seno de las rocas que lo contienen. Esta opinion la han confirmado los descubrimientos hechos en 1835 por el ilustre Murchison de Orthoceras y otras conchas fósiles en las rocas de este grupo que refiere al silurio inferior, en Durness (condado de Sutherland, Escocia). El Sr. E. de Beaumont, en vista de estos antecedentes y del tránsito insensible de las rocas que contienen el Grafito y Antracita á las rocas granitóideas en muchos puntos, emite la duda de si, al menos por lo que toca á la cordillera de los Vosgos, el Granito y la Leptinita podrian considerarse tambien como rocas metamórficas, resultado de un cambio profundo en la textura cristalina del terreno ó de las rocas pizarrosas, con las que están enlazadas, determinado por una fusion todavía mas completa ó avanzada que la que sufrió el Gneis.

En medio de tan encontradas opiniones, al parecer inconciliables, hay que recordar la juiciosa observacion, apuntada por Coquand, de que la intercalacion de esas masas de orígen neptúnico en el Gneis y Pizarras solo se observa en los límites de las formaciones ígneas y de sedimento; casi nunca en el centro de comarcas graníticas. De modo que adoptando el término medio podemos considerar al Gneis unas veces como roca metamórfica, y otras como simple variedad del Granito; razon por la cual figura en el cuadro de la clasificacion entre las rocas ígneas y tambien en las metamórficas cristalofílicas.

Localidades.—Esta roca es muy comun en el Norte y en el centro de Europa, no escaseando tampoco en la Península. El Sr. Schulz en su descripcion petrográfica de Galicia indica el Gneis en Pontevedra, Taillor, sierra de Porto, tierra de Viana, del Bollo y de Tribes en las riberas del Sor, Puente Noval en las cercanías de Betanzos, y en otros puntos.

En sierra Guadarrama es muy abundante; empieza á verse en Torralba cerca de Oropesa y de Jaramilla, sigue por Arenas, Adrada, Es-

corial, Miraflores y continúa hasta Hiendelaencina. Se encuentra igualmente en la parte culminante de las sierras de Avila y Guadarrama. En la provincia de Almería, en los alrededores de Marbella, en Orgiva, Albuñol y en Adra; se ve igualmente en las sierras Alhamilla y Almagro (Almería) terminando en la de Almagrera y de Montroy, en donde pasa á las Pizarras micáceas. En la de Múrcia forma una faja que sigue la direccion N. O. desde Pulpi á la sierra de Enmedio. Por último, en los Pirineos y en otras regiones de la Península es muy comun esta roca. Segun La Cortina la variedad grafítica se encuentra en la sierra de Aguas, arroyo de Luis Gomez (Málaga).

Aplicaciones.—En razon á la estructura hojosa y á la facilidad con que se descompone el Gneis, no es muy á propósito para la construccion; sirviendo cuando mas para cubrir los edificios y como morrillo ó ripio. Pero el conocimiento de esta roca es de la mayor importancia en razon al gran número de minerales útiles que encierra; pudiendo considerar su presencia como indicio de que los resultados de las esploraciones han de ser coronados de un éxito favorable.

Descomposicion del Gneis.—La descomposicion del Gneis, y en particular la del que establece el tránsito á la Pegmatita, por su abundancia en Feldespato, da lugar al Kaolin y á otras Arcillas inferiores útiles para la alfarería; proporcionando, por otra parte, una tierra vegetal bastante feraz en las colinas y sitios bajos, en especial para arbolado y praderas. En las altas montañas el terreno de Gneis es seco y árido por la facilidad con que el subsuelo da paso á la humedad, siendo, en consecuencia, poco favorable á la Agricultura.

Las Calizas cristalinas, los Cipolinos y las Dolomias que se encuentran subordinadas al Gneis, se emplean en la construccion; en la escultura como Mármoles estatuarios; suministran tambien excelentes cales grasas.

Segunda especie.—Pizarra (1).

Definicion.—El nombre colectivo de Pizarra se aplica en nuestro idioma á un género ó grupo de especies geognósticas mas bien que á una sola especie, atendida la diversa composicion de las rocas que en él

(1) La palabra *Esquisto* que algunos admiten entre nosotros como version al castellano de la voz francesa *schiste*, debe en mi concepto desecharse; pues su introduccion es de todo punto inmotivada, poseyendo nuestro idioma la expresion Pizarra, que hasta es del dominio del vulgo.

figuran; pero que tienen de comun el aspecto mas ó menos cristalino; la tendencia constante á separarse en hojas ó láminas delgadas por efecto de su propia textura, y tambien el pasar insensiblemente de unas á otras desde la llamada *arcillosa* que representa el primer término de la série, hasta las *cloríticas*, *talcosas* y *micáceas* que forman el último; estas se enlazan á su vez por tránsitos bien aparentes con el Gneis y algunos elementos del terreno granítico metamórfico. El paso por otra parte de las Pizarras arcillosas á ciertas Areniscas y rocas arcillosas de orígen evidentemente neptúnico, como lo atestigua la presencia en ellas de restos orgánicos de los que tampoco se hallan privadas aquellas, dificultan, si se quiere, por un lado su estudio; si bien por otro facilitan su colocacion en la série geognóstica entre las rocas metamórficas, ya que al señalar los caractéres generales del órden dijimos que precisamente este era uno de los mas notables. Tal es al menos la opinion de los ilustres autores del mapa geológico de Francia los Sres. Dufrenoy y E. de Beaumont, fundada principalmente en los tránsitos insensibles que se notan en varios puntos, y particularmente cerca de Seix en el valle de Salat (Ariege) entre las Pizarras silíceas, las Pizarras tegulares y las Arcillas pizarrosas del Lias. El célebre ginebrino Saussure ya llamó en su tiempo la atencion acerca del paso gradual que observó en el collado de Ferret entre Pizarras algo efervescentes y el Granito; observacion confirmada despues por el distinguido Fournet de Lion, el cual ha descrito cuatro zonas de tránsito colocadas de este modo. En la primera se ven las Pizarras cuyo principio de alteracion se revela por la presencia de ciertas hojuelas ondeadas mas brillantes que el resto de la masa, parecidas á la Mica. En la segunda se descubren verdaderas láminas de este mineral mezcladas con Cuarzo que le hace dar chispas con el eslabon; la roca continúa siendo efervescente. En la tercera ya predominan el Cuarzo y la Mica, de modo que puede considerarse como verdadera Pizarra micácea, sin efervescencia. Mas allá de esta zona se encuentra una roca de aspecto granitóideo en la que se encuentra el Cuarzo, el Feldespato y la Mica de textura fina descansando sobre Granito verdadero, que constituye el término extremo de tan singulares trasformaciones. De modo, que aunque haya alguna Pizarra arcillosa que deba considerarse como roca de sedimento normal, la inmensa mayoría de ellas, así como las micáceas, talcosas, cloríticas, anfibólicas &c. han sufrido despues alteraciones mas ó menos profundas en su textura y hasta en su composicion química, y deben incluirse en el órden de las metamórficas. La textura foliar y hojosa, si bien puede ser en las rocas nep-

túnicas ordinarias, como en ciertas Arcillas y Areniscas, el resultado de la sedimentacion por capas delgadas de los elementos de densidad diferente que entran en su composicion; en las Pizarras, de que vamos á ocuparnos, reconoce la doble causa de la sedimentacion y la influencia de los fenómenos ígneos que permitieron que las moléculas se asociaran de un modo distinto, como lo demuestra el estado mas ó menos cristalino de su masa y la textura laminar que les es propia. En confirmacion de esta idea debemos hacer presente que con frecuencia estas rocas ofrecen las caras de los estratos formando ángulo con la direccion de los planos de *juntura*, ó sea los que determina la de las hojas en que se separa cada fragmento; y tambien la tendencia que todas ellas tienen á dividirse en pedazos mas ó menos regulares, cuyas superficies diferentes de las anteriores se llaman de *crucero*. En el capítulo Estratigrafia se darán mas detalles acerca de esta materia tan importante.

Además de los caractéres indicados, la asociacion y consiguiente analogía en el yacimiento y relaciones geognósticas de todas estas rocas justifica plenamente su agrupacion en la especie Pizarra.

A. Pizarra arcillosa.

Empezando la descripcion de las variedades de la especie Pizarra, por la que es menos metamórfica; ó en otros términos, por aquella que en rigor deberia separarse en normal y metamórfica, procedemos de lo simple á lo compuesto, y de lo conocido á lo desconocido; supuesto que representa el límite inferior de la série cuyos términos intermedios se irán examinando sucesivamente.

Sinonimia.—Pizarra por excelencia; *Ampelita; Pizarra aluminosa*; *Pizarra gráfica; Pizarra coticular; Novaculita*; *Thonschiefer* y *Alaunschiefer* (en aleman); *Pizarra de tejar*; *Psefita; Pizarra carbonosa; Filada; Killas; Maclina &c.*

Definicion.—Roca de textura hojosa y pizarreña; compuesta esencialmente de silicatos aluminosos dificiles de referir á determinado tipo, tanto por ser muy variable su naturaleza, cuanto por la mezcla de otros silicatos que con frecuencia se ven en su masa. La coloracion ofrece diferentes tintas, entre las cuales las hay blancas, grises, verdosas, azuladas, rojizas y negruzcas; que son las dominantes. Son bastante duras en general, y se distinguen de las Arcillas en que no se deslien en el agua, como en confirmacion de haber sufrido mas ó menos directamente la influencia del calor.

Variedades.—Pizarra comun, que se deja separar en hojas delgadas, aunque consistentes; *Cotícula* ó Piedra de afilar, de colores generalmente claros, y de textura entre pizarrosa y compacta, de grano fino y muy dura; *Pizarra carburada*, llamada tambien *Ampelita*, *Pizarra aluminosa y gráfica*, por destinársela al dibujo en razon á la mezcla que lleva de Carbon; *P. bituminosa*, la que contiene betun; *P. grafítica*, que contiene Grafito ó Antracita alterada; *arenácea* ó *Psefita*, roca conglomerada compuesta de una pasta pizarrosa con fragmentos de naturaleza diversa, particularmente pizarrosos, y granos de Cuarzo, pasando á una Arenisca pizarreña; *P. arcilloso caliza* que hace efervescencia en los ácidos; *P. arcilloso-micácea*, *piritosa*, *maclífera*, llamada tambien Maclina por contener el mineral llamado Macla; *fosilífera*, la que lleva fósiles ó sus impresiones; *satinada*, dicha por otro nombre Filada y Killas en inglés, porque las hojuelas de Mica son muy pequeñas, y al parecer contínuas; de modo, que revisten toda la superficie de la roca, comunicándole cierta tersura y brillo análogo al que se da al papel y á las telas; *P. porfiróidea*, cuando ofrece cristales de Feldespato diseminados en la roca; *P. arcilloso-cuarcífera*, atravesada de venas paralelas de Cuarzo; *P. poligénica*, variedad que establece el tránsito á las Anagenitas y á las Grauwackas por los granos y fragmentos rodados de Cuarzo y de otras rocas antiguas que ofrece.

Yacimiento.—Las Pizarras arcillosas normales, aunque se distinguen de las metamórficas en ser menos resistentes, mas tiernas, y en que sus láminas no tienen el grosor y extension que las de estas, sin embargo, pasan insensiblemente no solo á las últimas, sino tambien á las cloríticas, talcosas y micáceas con las que se hallan naturalmente enlazadas en los terrenos paleozóicos y secundarios hasta el jurásico inclusive. En el período silurio alternan aquellas repetidas veces con Calizas y Areniscas; circunstancia que unida á la presencia en ellas de fósiles bien característicos, ha hecho creer que en caso de ser metamórficas no ha sido muy violenta la accion de las causas que las han alterado. En este mismo terreno se encuentran otras verdaderamente metamórficas caracterizadas en muchos puntos por la presencia de Maclas (Maclina); mineral que segun las importantes observaciones de Dufrenoy, se ha formado á expensas de la roca misma. El descubrimiento de fósiles en la Maclina, hecho por Boblaye en las inmediaciones de Rohan, confirman la procedencia neptúnica primitiva de esta Pizarra; así como la existencia de las Maclas revela una accion ígnea posterior. Esto mismo prueba lo difícil que es el separar las Pizarras arcillosas normales de

las metamórficas. Estas rocas no se limitan á existir en el terreno silurio; tambien se encuentran en el devonio y carbonífero; siendo comunes en este las variedades ampelítica, poligénica y la Psefita; tambien se observan en el pérmio entre los primarios, y en el trias y jurásico en los secundarios. Las Pizarras bituminosas recorren toda la extension vertical que media entre la parte superior del terreno carbonífero y el piso oxfórdico del jurásico, como se observa en Boll (Wurtemberg) localidad famosa por los numerosos esqueletos de Saurios y Peces que ha suministrado.

En general, las Pizarras arcillosas, lo mismo que las micáceas, talcosas &c., particularmente las que pertenecen á terrenos antiguos, se presentan en capas onduladas y formando repliegues á veces muy curiosos; tambien son comunes en ellas las fallas ó hendiduras, y el desórden y dislocaciones profundas en sus estratos, efecto de la misma accion que las trasformó.

Localidades.—Son tantos los puntos en que se encuentra esta roca en todo el globo, que casi es excusado indicarlos uno por uno, limitándome á citar algunos de la Península. En el terreno silurio de Almaden y otros puntos de Sierra-Morena, se encuentran Pizarras arcillosas, ampelíticas y bituminosas con Orthoceras, Graptolitos y otros fósiles característicos, segun Verneuil y Prado; Naranjo refiere á Pizarras arcillosas oscuras, probablemente silurias, el famoso criadero de Fosforita de Logrosan (Extremadura); tambien en Ogasa, cerca de San Juan de las Abadesas en el mismo horizonte geognóstico; en Checa, Horca, Monterde, Alhama y otros puntos de Aragon existen las mismas Pizarras con Arcillas y Cuarcitas que Verneuil refiere igualmente al indicado terreno. En Galicia, segun el Sr. Schulz, abundan mucho estas rocas; citando entre otras localidades las de Puente de Cubelas, en donde encontró Trilobites, Orthoceras y un Zoófito; Narahío para la Ampelita; la Sierra del Eje para lo que este autor llama Pizarron negro y maclífero: que se ve tambien en Cazolga, Fuendin en Valdeorras, Requeijo, en la Sierra de San Mamed y en otros puntos; el Pizarron grafitoso en el Carballino &c. Este mismo autor, en su reciente descripcion geológica de Asturias, cita las Pizarras arcillosas enlazadas con las talcosas y cloríticas, y con Dioritas y otras rocas ígneas, en una porcion de localidades. El Sr. Collette indica la variedad *grafítica* en Monte Saldropo en el grupo de Balmaseda; así como la Arcilla pizarrosa en Elorrio y en el Monte de Videmaculata, en el grupo de Galdácano (Vizcaya). El Sr. Cortina dice encontrarse la Filada lustrosa en Cerro Negro, junto á Ta-

majon, y en varios puntos de las inmediaciones de Almiruete, Checa, Rata y Pardos (Guadalajara); en Sierra de Gata y varias localidades de las provincias de Cáceres, Palencia, Leon y Astúrias. La variedad carburada la cita en Montalban, en Molina, y en el barranco de los Guadarranques, en la Sierra de Guadalupe.

Aplicaciones.—Las Pizarras arcillosas pueden considerarse como verdaderas piedras preciosas, si se atiende á las numerosas aplicaciones á que se prestan. A beneficio de su estructura hojosa se tallan en placas delgadas que sirven para cubrir los edificios, ó en otros términos para tejar; para fabricar mesas y tableros para el dibujo ó la escritura. Las variedades cuya masa no se separa en hojas delgadas se destinan al embaldosado y para cubrir los edificios en los países en que reinan con frecuencia vientos fuertes y en los que nieva mucho, por la mayor resistencia que ofrecen. La llamada Cotícula sirve como piedra de afilar; la provincia de Soria surte á la mayor parte de las del centro de la Península de esta variedad importante; el color oscuro que presenta en una de sus caras es la Pizarra tipo, en la cual forma la coticular vetas ó venas. La variedad aluminosa se destina á la extraccion del Alumbre; así como la bituminosa suministra, por destilacion, aceites minerales que desde hace pocos años se emplean en el alumbrado; constituyendo un ramo de industria importante y de gran porvenir por la cantidad de sustancia bituminosa que contienen, que suele llegar á 45 y 50 por 100. La llamada grafítica ó gráfica, Lápiz y Piedra de Italia sirve, como todo el mundo sabe, para el dibujo y pintura y para los ebanistas y carpinteros.

B. Pizarra micácea.

Sinonimia.—*Gneis pizarroso, Micacita, Micaslata, Leptinita pizarrosa, Maclina, Hialomicta pizarrosa, Glimmerschiefer* (en aleman) &c.

Definicion.—Roca compuesta esencialmente de Cuarzo y Mica; á cuyos elementos suelen asociarse accidentalmente el Ortosa, la Turmalina, el Granate, la Macla y otras sustancias. Con frecuencia ofrece esta roca masas de Caliza sacaróidea, Dolomias y otras especies subordinadas.

Variedades.—*Comun*, en la que el Cuarzo y la Mica se hallan distribuidos con cierta uniformidad; *cuarzosa* y *feldespática* en las que el Cuarzo ó el Feldespato alternan con la Mica en pequeñas láminas ó en capas delgadas; estas variedades establecen el tránsito á la Hialo-

micta (1) y á la Leptinita pizarrosa, ó al Gneis rico en Mica; *granatífera, turmalinífera, grafítica, maclífera, anfibolífera, talcosa, arcillosa, oxidulífera*, llamada tambien por otro nombre Itabirita y Siderocrista. La presencia en la masa de esta Pizarra de Granates, Turmalinas, Grafito, Maclas, Anfíbol, Talco, partes arcillosas ó de Pizarra arcillosa satinada y el Hierro oligisto, constituyen las indicadas variedades, entre las cuales merece una especial mencion la arcillosa, por establecer el tránsito á la Pizarra, tipo de este nombre.

Yacimiento.—Las Pizarras micáceas representan el último término de las trasformaciones de las arcillosas, como lo atestiguan los frecuentes tránsitos que se observan por un lado á los Gneis, y por otro á las cloríticas, talosas y anfibólicas. En general se hallan subordinadas al terreno granítico, con cuyos elementos se las ve casi siempre asociadas. La subordinacion de rocas calizas, dolomíticas &c., y la presencia del Grafito y la Antracita, lo mismo que los restos orgánicos que en ellas se encuentran, confirman la analogía de yacimiento y relaciones geognósticas indicadas para todas estas rocas. La Micacita ó Pizarra micácea se encuentra no solo en los terrenos paleozóicos antiguos, sino tambien en otros mas modernos, siendo, particularmente en los Alpes, bastante frecuente en el período jurásico. El célebre Mischerlitz dice haber visto en las lavas de los volcanes del Eifel pedazos de Pizarra arcillosa convertidos en micácea; en los volcanes antiguos del Lacio y en la Somma la Mica es muy abundante en ciertas calizas sacaróideas. En todos los horizontes geognósticos es notable esta roca por esa textura hojosa y el aspecto cristalino que tanto la distinguen; ofreciendo además, y muy particularmente en los terrenos antiguos, un gran número de minerales cristalizados que le dan gran importancia científica é industrial; tales como el Granate, la Turmalina, la Estaurótida, la Distena, la Esmeralda, el Corindo y algunos metales. Además, el criadero de la Pizarra de que nos ocupamos se distingue por los repliegues, ondulaciones y cierta especie de desórden en sus hojas y estratos, ofreciendo

(1) La Hialomicta es un verdadero Granito abortado, ó como dice E. de Beaumont, una monstruosidad de dicha roca, por faltarle el Feldespato; de consiguiente, sus elementos esenciales son el Cuarzo que está en exceso, y la Mica diseminada y no contínua. De esta roca se distinguen dos variedades principales, á saber: la *granitóidea* y la *pizarrosa*; aquella estableciendo el tránsito al Granito pobre en Feldespato, y esta al Gneis y Pizarras micáceas. Aunque en rigor deberia figurar la Hialomicta entre los Granitos abortados por la analogía de circunstancias y de relaciones geognósticas, su escasa importancia nos ha dispensado trazar sus caractéres é historia.

tambien con frecuencia grandes fallas y hendiduras que han contribuido eficazmente á la formacion de los muchos filones metalíferos que en estas rocas existen.

Localidades.—Siendo la Micacita una de las rocas mas abundantes en ciertos terrenos, casi es inútil enumerar las localidades extranjeras en que se encuentra. En nuestro suelo no es menos frecuente é importante. El Sr. Schulz la cita en Galicia, en Presqueiras, en donde es anfibolífera, y la considera como matriz del Estaño, que allí existe y se explota; en Cornado, Goá, Jundibó, Cervera y Vilar de Ciervos tambien se encuentra formando parte de terrenos antiguos. El mismo autor dice que en Panouta y Ranielo (Asturias) se ve la Pizarra micácea anfibolífera. El Sr. La Cortina cita la Pizarra micácea y la granática entre Palmaces y Bodera (Guadalajara); en Plasencia de Extremadura; en Casas de Nava del Rey, y San Martin de Valdeiglesias (Madrid) dice existir la Pizarra micácea porfídica. En Cataluña la encontró el Sr. Maestre en Suiseñes y Serveto, en el Puig Salvador, junto al Cabo Creus, y en otros puntos. En las provincias de Salamanca, Cáceres, Huelva y Sevilla, en varios puntos de Sierra-Morena, y particularmente en Despeñaperros, se encuentra esta roca relacionada en la última localidad con las rocas plutónicas de Santa Elena. Tambien abunda en Sierra Almagrera (Murcia); y en Somosierra se extiende desde el arroyo de Canta el Gallo hasta Colmenar Viejo, segun Prado. En los famosos criaderos argentíferos de Hiendelaencina es muy comun esta Pizarra.

Aplicaciones.—La Micacita solo se emplea como ripio ó morrillo en los países en que abunda, no permitiendo su textura se la destine á la construccion. Las Piedras finas que en ella se encuentran, como el Granate, la Esmeralda, y el Corindo, así como los metales á que sirve de ganga, son objeto, en algunos puntos, de ricas explotaciones.

C. Pizarra talcosa.

Sinonimia.—Talcita, Pizarra esteatítica; Talkschiefer (aleman) &c.

Definicion.—Roca de textura pizarrosa; de tacto suave, de colores generalmente claros, dominando los blanquecinos y verdosos; compuesta esencialmente de Talco ó Esteatita y Cuarzo, con algo de Feldespato como elemento accidental. Además, suele ofrecer la Talcita Granates, Maclas, Mica y otros minerales que hacen el oficio de elementos accesorios.

Variedades.—Comun, en la que el Talco y el Cuarzo están distribui-

dos con uniformidad; *cuarzosa*, que afecta la estructura en fajas por hallarse muy aparentes y como separados el Cuarzo y el Talco; *feldespática*, estableciendo el tránsito á la Protogina pizarrosa por presentar el Ortosa granoso ó laminar en capas alternadas; *granatífera*, *maclífera*, *micácea*, *cálcica*, por llevar accidentalmente cristales de Granate, Macla y Mica, y alguna parte de carbonato de Cal. A estas variedades hay que agregar la Talcita *arcillosa*, en la que la Pizarra de este nombre satinada se mezcla con los demas elementos de su composicion; y la *talcitóidea*, en la que el Talco, aunque ofrece todos sus caractéres propios, sin embargo, no posee la composicion asignada á esta especie mineral; la de San Gotardo y Fillerthal (Alpes), famosa por la Distena y Estaurótida que contienen, y la de Coray (Bretaña, Francia), con sus Estaurótidas, pertenecen á la última variedad.

Yacimiento.—La Pizarra talcosa, con todas sus variedades, se halla asociada á las micáceas, arcillosas y demas rocas de este grupo; de consiguiente, su yacimiento y relaciones geognósticas deben ser las mismas. En los Alpes de la Tarantesia, en donde estas rocas abundan mucho, forman parte del terreno llamado antracífero, el cual, aunque perteneciente al período carbonífero, en algunos puntos se ve sobrepuesto á la Caliza jurásica, como he podido observar en el collado de los Encombres. En Cabo Corvo, en el golfo de la Spezia (Cerdeña), se ven las Calizas y Arcillas del Trias convertidas en Cipolinos talcosos y en Pizarras talcosas. En la misma localidad se nota, segun el ilustre Coquand, un hecho muy curioso que excluye completamente la idea de que estas rocas hayan podido formar parte de terrenos plutónicos, y consiste, en que hasta el cemento arcilloso que aglutina los granos de Arena y los cantos ó chinas de las Areniscas y Pudingas, que á diferente nivel forman parte de este terreno, ha tomado el aspecto y naturaleza del Talco laminar de tacto untuoso y suave.

Aplicaciones.—La Pizarra talcosa suministra excelente ripio y hasta buena piedra de construccion, como se ve en Toscana. En algunos puntos se la destina como Piedra refractaria á revestir el interior de altos hornos.

D. Pizarra clorítica.

Sinonima.—Clorita pizarrosa, Pizarra cloritosa, Cloritoslata, Chloritschiefer (aleman) &c.

Definicion.—Esta roca consta de Clorita y Cuarzo como elementos

esenciales, á los que suele agregarse alguna que otra sustancia accidental. La textura es hojosa como en las Pizarras anteriores, de las cuales se distingue principalmente por el color verdoso que afecta.

Variedades.—Pizarra clorítica comun, cuando el Cuarzo y la Clorita se encuentran distribuidos por igual en su masa; *oxidulífera* por contener cristales octaédricos de Hierro oxidulado; *granatífera* y *talcífera*, cuando lleva Granates ú hojuelas de Talco; por fin *cloritóidea*, variedad muy parecida á la verdadera Pizarra clorítica, pero que se diferencia en que el elemento cloritoso no goza propiamente de la composicion de la especie Clorita.

Yacimiento.—La Pizarra clorítica es muy importante en los terrenos antiguos y secundarios, enlazada íntimamente con las especies anteriores, cuyo yacimiento y relaciones geognósticas le son comunes; de consiguiente, es excusado entrar en repeticiones inútiles.

Localidades.—En la Península se encuentra esta roca en varios puntos de Astúrias y Galicia, segun Schulz; en la Garganta Ancha, cerca de Casas del Monte, en la provincia de Cáceres, y en otros puntos.

Aplicaciones.—Las de las anteriores.

E. Pizarra anfibólica.

Sinonimia —Anfibolita pizarrosa, *Hornblendenschiefer* (aleman) &c.

Definicion.—Roca compuesta esencialmente de Cuarzo y Anfibol con algo de Feldespato á veces. Cuando este elemento adquiere alguna importancia, establece el tránsito á la Sienita pizarrosa. El carácter que distingue á esta Pizarra de las que van descritas es el peso notable y la coloracion oscura y hasta negra que ofrece, por efecto del predominio del Anfibol.

Variedades.—Comun, cuando los elementos que la componen se hallan distribuidos con uniformidad en la masa; *cuarzosa*, variedad que ofrece una estructura en fajas ó zonas alternadas de Anfibol y Cuarzo; *feldespática*, la que presenta pequeños lechos de Ortosa laminar ó granugienta, pasando á la Sienita; *micácea*, *granatífera*, cuando lleva hojuelas de Mica ó Granates diseminados &c.

Yacimiento.—La Pizarra anfibólica forma parte, como las anteriores, del grupo de las Pizarras cristalinas con las cuales se la ve asociada, particularmente con la Micacita; de consiguiente, todas las consideraciones apuntadas al tratar del yacimiento, localidades y aplicaciones de aquellas especies ó variedades son extensivas á esta, y no hay por qué repetirlas.

SEGUNDO GÉNERO.—*Rocas de sedimento químico.*

Las rocas comprendidas en este género son aquellas que, procedentes de sedimento químico, sufrieron despues de su consolidacion una metamórfosis mas ó menos profunda en su aspecto exterior, y hasta en su propia composicion. Las especies que figuran en este género no son tantas como las comprendidas en el correspondiente en las rocas de sedimento, pues por un lado las que se refieren á los diferentes estados del Hierro y Manganeso las dejamos para la Geología industrial, mientras que por otro prescindimos de las metamórficas procedentes de la especie Silex, en atencion á haberlas ya descrito en su lugar. En compensacion de esto nos ocuparemos ahora de aquellas rocas que, como la Dolomia, el Yeso y la Sal comun, pertenecen tambien á las de sedimento normal, pero cuya descripcion aplazamos entonces para mas adelante. De manera que en este segundo género de rocas metamórficas comprendemos la Caliza, la Dolomia, el Yeso, la Anhidrita y la Sal comun.

Primera especie.—Caliza.

Sinonimia —Caliza primitiva, Mármol sacaróideo ó estatuario, Calcífido, Cipolino, Oficalcia, Hemitrena, Calcita ó Pizarra caliza &c.

Definicion.—Bajo las denominaciones mas comunes de *Mármol sacaróideo* y *estatuario*, llamado así por el uso á que se destina, se comprende una roca compuesta esencialmente de carbonato de Cal, unas veces puro, otras mezclado y hasta combinado con otras sustancias que, aunque accidentales, suelen imprimirle carácter determinando variedades muy curiosas. La textura de esta roca en general es semi-cristalina ó sacaróidea, parecida á la del azúcar de pilon, de donde le viene el adjetivo que lleva; los colores suelen ser blancos y tambien grises, azulados, amarillentos, negros &c.; cuando se talla en placas delgadas es traslúcida.

La mayor parte de estos caractéres, por no decir todos, pertenecen tambien á las rocas calizas normales de precipitacion química, de las que se distinguen aquellas, en primer lugar por el modo como se verifica la efervescencia cuando se las ataca con los ácidos; pues en las normales es franca y muy viva, mientras en las metamórficas suele ser mas lenta por la interposicion del elemento magnésico que casi siempre

las acompaña; y en segundo lugar por los caractéres de yacimiento y relaciones geognósticas que examinaremos mas adelante, y por la presencia de los minerales que en las metamórficas revelan la influencia del agente que las trasformó, y en las otras no existen.

Variedades.—Sacaróideo, cuando su textura es granosa y cristalina de grano fino; *estatuario* cuando á estos caractéres se agrega el ser blanco mas ó menos puro; *laminar* por ser de textura mas basta afectando el aspecto de láminas ú hojas brillantes; *céreo* cuando por la extremada finura del grano se parece á la cera; *micáceo* y *talcoso* por otro nombre llamado *Cipolino*, cuando la Caliza sacaróidea se ve penetrada de hojuelas de Mica ó Talco diseminadas con irregularidad ó dispuestas en fajas y zonas comunicando á la roca la estructura hojosa; *arcillo-pizarroso*, el que ofrece una mezcla de Pizarra arcillosa satinada con la textura propia de estas rocas; *anfibolífero* ó *Hemitrena*, por contener cristales de Anfibol; *serpentínico*, por otro nombre *Oficalcia* y *Mármol verde antiguo*, variedad que ofrece la Serpentina en fragmentos sueltos ó mezclada íntimamente con la Caliza; *granatífero*, *couzeranitífero*, *dipirífero* y *grafítico* cuando lleva Granates, Couzeranita, Dipiro y Grafito como elementos accesorios.

Yacimiento.—Mientras dominaron en el campo de la ciencia las ideas wernerianas, se consideraron los Mármoles estatuarios como Calizas primitivas por creerlos anteriores á la aparicion de la vida en el globo. Fundábase hasta cierto punto esta creencia en las frecuentes relaciones que las indicadas rocas guardan con los Granitos, los Gneis y Pizarras cristalinas, elementos geognósticos de lo que hasta hace pocos años se llamaba terreno primitivo. La escasa importancia que en dicho período de la historia de la ciencia se concedia á la presencia de los fósiles, fué causa de que se buscaran poco estos datos tan importantes; y como con frecuencia solo se conservan vestigios de ellos, cuando no han desaparecido por completo, de las rocas que han experimentado cambios notables, de aquí se sacó otro dato para confirmar la teoría de su antiquísimo orígen. Lo notable del caso, segun con mucha oportunidad hace observar Coquand, es que se sostuvieran estas ideas erróneas aun despues de haber demostrado Palassou, en sus preciosas publicaciones sobre los Pirineos, que no existian tales Calizas primitivas ya, que en unas se ven fósiles en su propia masa, al paso que otras alternan con Pizarras que evidentemente los poseen tambien. Una cosa análoga sucedió con muchas rocas plutónicas, y aun volcánicas, como el Basalto, por ejemplo, cuyo orígen neptúnico se defendió por mu-

cho tiempo despues de haber probado la escuela italiana que eran producto de la accion del calor terrestre. Pero desde el momento en que, dejando á un lado teorías mas ó menos seductoras, se generalizó el gusto por la observacion, se notó que estas rocas, y aun algunas mas, consideradas antes como primitivas, forman continuidad con masas que ofrecen señales claras de su orígen neptúnico y reciente, siendo los fósiles la verdadera piedra de toque. Tambien se observó que los tránsitos entre las rocas normales y otras que presentan diferente aspecto y hasta composicion distinta, se encuentran particularmente en centros eruptivos; y que, á medida que se aproximan á las rocas ígneas, la metamórfosis se pronuncia de cada vez mas. Por último, cuando la observacion asídua demostró la existencia en muchos puntos, y al contacto de unas rocas y otras de Conglomerados y Brechas curiosísimas formadas á expensas de la Caliza sacaróidea y del Granito ó Pórfido, ó en otros términos, de la roca de sedimento y de aquella que con su aparicion determinó tan singulares efectos, ya entonces no pudo dudarse de la existencia de estos cambios notables. Ahora bien, como los productos ígneos que han producido esta epigénesis en las rocas de sedimento, cuya accion llega hasta el punto de encontrarse en ellas muchas especies minerales características de aquellos, pertenecen á todos los períodos geológicos, se comprende que las Calizas que experimentaron su influencia no deben considerarse como primitivas, sino como pertenecientes á todas las fases del desarrollo terrestre. Los geólogos á quienes la ciencia debe tan importante descubrimiento, son Buch, Hoffmann, Humboldt, Dufrenoy, Elie de Beaumont, Coquand, Fournet, Delesse y otros no menos ilustres. El último de ellos acaba de reasumir, en su excelente *Tratado sobre el metamorfismo de contacto*, no solo lo que la Geología debia ya á los que con mas ó menos éxito habian abordado la cuestion, sino que la ha enriquecido con una copia abundante de datos, fruto de estudios profundos y de un talento muy claro y perspicaz.

La trasformacion de las Calizas comunes en Mármoles sacaróideos no solo es debida á la aparicion de los Granitos; tambien las rocas porfídicas, feldespáticas y magnésicas, y hasta las volcánicas actuales, como se observa en el Vesubio y en otros volcanes modernos, han determinado los mismos efectos. Hay que hacer, sin embargo, una observacion, y es que, en general, las Calizas que se encuentran como subordinadas al Gneis y Pizarras cristalinas de terrenos antiguos han sido alteradas por la aparicion del Granito, mientras que por el con-

trario las que constituyen formaciones independientes, como las de Carrara, Paros y otras localidades, deben mas bien su textura y composicion, á veces distinta de las Calizas de que proceden, á la influencia de las Serpentinas, Eufótidas y demas rocas básicas. La presencia constante de la Magnesia en dichos Mármoles, y la frecuente de otras especies minerales está precisamente en relacion con la naturaleza de estas rocas modificadoras. No se crea, sin embargo, que el Granito y los Pórfidos feldespáticos están excluidos de determinar este metamorfismo en masas considerables de Calizas modernas é independientes; pudiendo confirmar esta idea la observacion hecha por Dufrenoy en Saint-Martin de Fenouillet (Pirineos) de varias masas granitóideas intercaladas, á manera de filon, en medio de capas calizas pertenecientes, con mucha probabilidad, al período cretáceo. No hay que olvidar que en Geología, como en las demas ciencias naturales, raras veces las reglas son absolutas.

Las variedades descritas, ó por lo menos apuntadas bajo las denominaciones de Cipolino, Oficalcia, Hemitrena, y hasta el Calcífido, revelan la grande influencia que todas las rocas básicas ó magnésicas han ejercido en estas trasformaciones; pues si se exceptúa la Mica, los demas elementos que imprimen á aquellas un carácter particular, como el Talco, la Serpentina, el Anfibol &c., forman la base de las Serpentinas, Eufótidas, Anfibolitas y demas rocas ígneas medias.

Otro hecho no menos importante confirma esta idea, y es la casi constante asociacion de los Mármoles estatuarios con las Dolomias, que, como veremos, son rocas en las que un átomo de carbonato de Cal ha sido sustituido por otro de carbonato de Magnesia; pues en ello se ve la notable influencia que en todos estos cambios han tenido las rocas en que predomina este elemento.

La pureza y el color blanco que tanto suele distinguir á estas rocas es tambien una prueba de la poderosa accion del calor en su trasformacion; pareciendo natural, como dice Coquand, que el brillo que ofrecen sea debido á la volatilizacion de los principios bituminosos, que con frecuencia comunican á las rocas de que proceden aquellas, su aspecto mate y las tintas oscuras. La trasformacion que suele observarse en los Mármoles sacaróideos de estos elementos bituminosos en Grafito corrobora mas y mas esta idea.

Por último, la presencia de esos minerales extraños á la composicion de las Calizas sacaróideas, que casi siempre participan de la naturaleza de la ganga y aun de la roca modificadora, es la prueba mas

evidente de estos cambios y trasformaciones, como ya hemos indicado, contribuyendo, y no poco, á dar á estas rocas gran precio, ora se consideren en el terreno especulativo, ora en el de la práctica ó de su aplicacion á las Artes é Industria. Entre las citadas especies minerales, las mas comunes y curiosas son las siguientes: la Couzeranita, el Talco, la Clorita y Serpentina, el Granate, la Mica, el Feldespato, el Piróxeno, el Anfibol tremolita, el Cuarzo, el Rejalgar y Oropimente (súlfuros de Arsénico), el Hierro oxidulado y las Piritas, el Grafito y otros.

Respecto á la posicion de estas Calizas en la série geognóstica, aunque en general puede decirse que recorren toda la escala de los terrenos de sedimento, sin embargo, las variedades pizarrosas, como los Cipolinos y Calcifidos, se encuentran enlazados con las Pizarras cristalinas en terrenos antiguos, y hasta en los del trias y jurásico, como se observa en los Pirineos, en Toscana y otros puntos. El Mármol estatuario por excelencia, como el de Carrara y el de Paros, pertenecen de hecho al jurásico; relacionado el primero con las rocas magnésicas, cuya aparicion determinó la formacion de la famosa cordillera metalífera toscana. Por último, algunas Oficalcias pertenecen á los terrenos terciarios inferiores ó nummulíticos, como se observa en la isla de Elba.

Localidades extranjeras.—Los Mármoles estatuarios mas estimados son el *Pentélico* y de *Paros* (Grecia), de los que se sirvieron los antiguos para las estátuas que todavía admiramos en los primeros Museos de Europa; el de *Carrara*, *Seravezza*, *Campiglia*, *Isla de Elba*, *Filfilah* (Argelia) y otros; los *Cipolinos* se encuentran en Grecia, isla de Elba, Sajonia, Noruega, en los Pirineos, Alpes &c.; la *Oficalcia* en Gosseyr (Egipto), Elba, Toscana y otros puntos; la variedad *grafítica* en Saint-Beat (Pirineos) &c.

Localidades españolas.—En la Península existe la Caliza sacaróidea en varias localidades, siendo en algunas objeto de explotacion. Las principales son la de Macael (Almería), de donde se surten las fábricas del inmediato pueblo de Fines; las de Montesclaros y Mejorada, cerca de Talavera; Urda y Consuegra (Toledo); las de Coin, Cártama, Casarabonela y otras de la provincia de Málaga; las de Robledo de Chavela y Casasbuenas, en donde la Caliza es dolomítica, segun La Cortina; tambien la cita este geólogo al S. O. del valle de Espiel (Córdoba). El Sr. Collete encontró la Caliza cristalina en el monte de Gorbea (Vizcaya. El Sr. Schulz dice haber visto el Mármol blanco primitivo en San Jorge de Moeches y en otros puntos de Galicia, en lo que llama

terreno de transicion. Tambien se ve esta roca en el Cabo Norfeo, á 2 leguas al N. O. de Rosas (Gerona). El Cipolino lo cita La Cortina en Casasbuenas (Toledo) y en Robledo de Chavela (Madrid); la Oficalcia dice existir en Reoli, cerca de Alcaraz, en Tortosa, Plasencia de Extremadura, cerca del Ferrol, y en varios puntos de Granada.

Aplicaciones.—El Mármol estatuario propiamente dicho sirve, como su mismo nombre lo dice, á la Escultura, y tambien para construcciones monumentales y de lujo; pero para destinarla á estos objetos se necesita que su grano sea fino, la textura compacta é igual, y sobre todo que no tenga manchas ó vetas; el de Carrara reune todas estas cualidades en el mas alto grado, por cuya razon es hoy dia el mas estimado de cuantos se conocen. Pero aun en Carrara, no todo el Mármol es de una misma y superior calidad; el mejor es el llamado Betoglia; sigue á este el Gréstola, por extraerse de una montaña á la que por su forma particular le dan este nombre; vienen despues otras variedades menos apreciadas por la falta de uniformidad en su color y estructura, notándose vetas ó manchas; razon por la cual se destinan á otros objetos de menor importancia. Para esto se cortan con sierras movidas por el agua, en losas ó lajas grandes para mesas, veladores, chimeneas &c., ó bien se destinan á la fabricacion de pilas, baños, columnas y chapiteles de gran belleza. Es tal la profusion de este bellísimo Mármol en aquel pueblo privilegiado, que en las casas particulares, lo mismo que en los edificios públicos, no se ve otra cosa, siendo de esta piedra hasta los confesonarios en las iglesias.

La importancia del Mármol de Carrara y su singular belleza dió márgen á la creacion de una escuela de Escultura muy frecuentada por nacionales y extranjeros, de donde salen de contínuo artistas de gran mérito. Carrara realiza, gracias á sus hermosas y sorprendentes canteras, un tipo ideal y único de una ciudad artística y comercial á la vez, poco comun, en la que se da pasto al génio de gran número de artistas distinguidos, y sustento á mas de 4,000 familias de operarios.

Como dato curioso, indicamos el precio en palmos cúbicos, que es como allí cuentan, de las principales variedades de Mármoles en explotacion. La calidad y el tamaño de los cantos son las dos circunstancias que regulan el precio, como se ve á continuacion.

PRECIOS DE LOS MÁRMOLES DE CARRARA EN LOS PUERTOS DE LIORNA Ó GÉNOVA.

Betoglia, Gréstola.

Hasta 20 palmos cúbicos, á.....	6	francos	el palmo.
Desde 21 á 40.....	7		50
Desde 41 á 60.....	9		
Desde 61 á 80.....	10		50
Desde 81 á 100.....	12		
Desde 101 á 120.....	14		

Veteados.

Hasta 100.....	4		
Desde 101 á 150.....	5		

Bardiglio.

Hasta 100.....	5		
Desde 100 á 150.....	5		75
Hasta 120.....	5		50

Bardiglio florido.

Hasta 120.....	5		

La operacion de aserrarlos se cuenta aparte, y se calcula á razon de 0,87 de franco por palmo cúbico.

El Mármol con que se inmortalizaron en Grecia los Fidias, los Praxiteles y tantos otros en sus obras admirables del Partenon, del Laoconte, del Torso de Belvedere, del Apolo y de las tan famosas Vénus de Milo, de Médicis y Capitolina, que pasa por la mejor de todas, procedia de las canteras del Monte Marposse, en la isla de Páros, entre Naxos y Delos, y de las del Monte Pentélico, no lejos de Atenas. Pero el grano es mas basto y el color menos bello y uniforme que el de los Mármoles de Carrara, por lo cual hoy dia se han abandonado casi completamente aquellas canteras famosas.

Segunda especie.—Dolomía.

Sinonimia.—Asche, Miemita, Caliza magnesífera &c.

La Dolomia es una roca importantísima bajo el punto de vista científico y práctico, y que, á pesar de que en muchos puntos la unen relaciones mas ó menos íntimas con la Caliza sacaróidea, como hemos indicado en el artículo anterior, puede considerarse como roca aparte.

Definicion.—La Dolomia, llamada así en honor al gran mineralogista francés Dolomieu, es una roca compuesta de un carbonato doble de Cal y de Magnesia puro ó mezclado, á veces, con otras sustancias térreas ó metálicas. Esta roca importante, unas veces debe considerarse como producto normal de sedimento químico en el seno de aguas magnésicas, y otras como roca alterada ó metamórfica, por el procedimiento curioso que daremos á conocer mas adelante.

Caractéres.—La Dolomia se puede reconocer y distinguir de la Caliza que acabamos de describir, con la cual podria confundirse, por su mayor peso específico; por su color que, aunque generalmente blanco, es mas gris, acompañado de una especie de brillo como anacarado muy característico. Y si á estos caractéres físicos ó exteriores se agrega el de la efervescencia lenta y el depósito gelatinoso que deja cuando se le ataca por algun ácido, tendremos todo lo necesario para diferenciarla de aquella.

Variedades.—La Dolomia ofrece una porcion de variedades curiosas, dependientes de la colocacion de las moléculas ó de su textura. Las hay *cristalizadas* en romboedros, y entonces son del dominio de la Mineralogía; otras son *sacaróideas*, *granudas*, *terrosas*, *compactas*, y tambien *cavernosas* y *en brecha*, que es á lo que los suizos llaman *Carniola*, y en Santander *Cayuela*. A veces suele contener algo de Esteatita ó de Cal carbonata, constituyendo las variedades *esteatítica* y *caliza*.

Entre estas variedades, las mas importantes bajo el punto de vista de sus aplicaciones son la granuda y la compacta: aquella por el gran número de sustancias minerales que encierra, siendo las principales las piritas de Hierro y de Cobre, el Rejalgar, la Distena, la Dufrenoysita y otras; la variedad compacta por la gran utilidad que proporciona á la Agricultura y á la Industria.

Yacimiento.—El estudio del yacimiento y relaciones geognósticas de la Dolomia ha hecho nacer la creencia de que unas veces es roca de sedimento químico normal, y otras, por el contrario, producto de al-

teraciones posteriores verificadas en masas calizas. La razon de esta idea la encontramos en el modo como se halla en su criadero; pues ó forma parte de terrenos de sedimento normal, alternando con bancos de otras Calizas, de Arcillas, Arenas &c., con fósiles propios; ó se la ve subordinada á las Pizarras cristalinas y á otras rocas antiguas, no lejos de centros eruptivos de todas épocas, y hasta en los terrenos volcánicos; ofreciendo en este caso un color blanco y la textura cristalina y sacaróidea muy análoga á la de los Mármoles estatuarios, con los que se halla asociada muy á menudo.

Considerada la Dolomia como roca normal recorre toda la escala de los terrenos de sedimento, desde los paleozóicos hasta la Creta blanca inclusive, como he visto en los alrededores de París. En el terreno pérmio forma enormes estratos, designados en el centro de Alemania y en Inglaterra, en donde abunda, con los nombres de *Zechstein* y *Magnesian limestone;* en el triásico, la mayor parte del piso llamado *Muschelkalk* está representado por hiladas de Caliza dolomítica; y en el horizonte de las mal llamadas *Margas irisadas* presenta lechos enormes en relacion con Sal gema, Yesos y Anhidritas; en todo el terreno jurásico y en el cretáceo tambien se encuentra la Dolomia alternando con capas de Arcillas, Arenas y Conglomerados.

En cuanto á la Dolomia metamórfica, no solo se encuentra en masas subordinadas á las Pizarras cristalinas, sino tambien, segun De Buch, en los terrenos triásico y jurásico en relacion con Meláfidos y con las rocas mal designadas bajo el nombre de *Trapp*, como se ve en el Tirol, y en particular en el valle de Fassa; extendiéndose, segun Coquand, hasta el terreno nummulítico en relacion con Eufótidas y Serpentinas, como puede verse en Monte Rufoli y Monte Verdi (Toscana), y en los Apeninos boloñeses. Por último, tambien pertenecen á esta variedad las arrojadas por el Vesubio y las que se encuentran en la Fossa grande y otros puntos de la Somma, segun opina Thomson.

La primera idea de esta singular trasformacion de las Calizas normales en Dolomias la debe la ciencia al ilustre geólogo de Berlin, señor De Buch, quien, en su importante *Memoria sobre los Meláfidos y Trapps* del Tirol, viendo la asociacion constante de la Caliza magnésica con estas rocas ígneas, supuso que la metamórfosis fué determinada por su aparicion á través de rocas de sedimento normal. Y aunque recientemente haya probado el ilustre Fournet, de Lyon, la escasa influencia que el Trapp pudo tener en esta curiosa epigénesis, en atencion á que la mayor parte de estas rocas son á su vez metamór-

ficas, no por esto es menos cierto que De Buch es el verdadero iniciador de esta idea, que se ha visto plenamente confirmada en otros puntos. Entre estos debemos citar los ya indicados de la Gabbra entre Monte Rufoli y Monte Verdi, en Toscana, y de Montacuto-Ragazzo en los Apeninos de Bolonia, en donde el ilustre Coquand ha estudiado y puesto en claro, con su perspicaz talento, esta cuestion. En la primera localidad, el terreno nummulítico se ve atravesado de distancia en distancia por diques de Serpentinas y Eufótidas, acompañadas de grandes masas de Cuarzo resinita verdoso. En los puntos de contacto se ven las capas calizas trasformadas en Dolomia de textura compacta y de grano fino; observándose que á cierta distancia adquieren otra vez los caractéres propios de las rocas calizas de la Península italiana, en la que hasta ahora no se conocen rocas dolomíticas normales.

En el segundo punto indicado, tambien el terreno terciario coceno ha experimentado alteraciones profundas en sus materiales, determinadas por Eufótidas y Serpentinas; notándose en unos puntos las Calizas convertidas en Oficalcias y las Pizarras en verdaderos Jaspes, y en otros, particularmente en las orillas del rio Seta, la Caliza trasformada en una Dolomia blanca, sacaróidea y esteatítica; siendo lo singular que esto solo se verifique en aquellos bancos que están en contacto con la Eufótida; volviendo á adquirir la Caliza los caractéres de roca normal así que se aparta de la roca modificadora. La existencia de la Dolomia en los volcanes en actividad y en los Azufrales y en volcanes apagados, como he tenido ocasion de ver en el Vesubio y en el distrito romano de la Tolfa, parece confirmar lo que acabamos de indicar respecto á su orígen; observándose en el último punto en grandes masas cavernosas y cristalizada en las oquedades de rocas traquíticas mas ó menos alteradas, suministrando cantidades considerables de Alumbre mineral, en cuya composicion hace la Magnesia el papel de base. No puede de consiguiente negarse que la Dolomia es, segun las circunstancias y relaciones geognósticas en que se encuentra, roca de sedimento normal ó roca metamórfica.

Localidades extranjeras.—Esta roca en sus dos estados es muy abundante, aunque no llega con mucho á la profusion de las Calizas. Además de las localidades citadas se encuentra en San Gotardo, en donde es notable, tanto por su blancura y aspecto sacaróideo, cuanto por llevar sustancias tan curiosas como la Grammatita, la Distena, la Dufrenoysita, magníficos cristales de Rejalgar, piritas de Hierro y otras.

En Traversella y la Tolfa se halla cristalizada; en el centro de Alemania y en Inglaterra es abundante la variedad terrosa; en los distritos célebres de Cornwall y Guanajuato; en Djebel, Filfilah y otros puntos al N. de África; en la isla de Elba y en muchas localidades de Toscana y Bolonia; en Francia se encuentra en los Pirineos, cerca della Maladeta, y en los departamentos del Aveyron, del Dordoña, Correze y otros.

Localidades españolas.—La Dolomia se encuentra muy desarrollada en el terreno terciario de Pancorbo, en donde se halla asociada con la Sal gema y el Yeso, y en relacion con rocas ofíticas, á las que probablemente debe referirse su trasformacion. El Sr. Collete la cita entre Elorrio y Elgueta (Vizcaya); La Cortina dice que se encuentra en Casasbuenas (Toledo), en Robledo de Chavela, á la inmediacion del Escorial, en el Pobo (Guadalajara); en el Collado y Manzanera (Teruel); en la Sierra de Gador y en las Contreras, al paso del rio Cabriel, en donde dice que se presenta granosa, sonrosada y rojiza con cristales de Espato calizo, parecida á otra citada por Ezquerra en Farena (Tarragona), para cuyas variedades dice se podria admitir el epíteto de porfídica. Maestre la cita en Sierra Almijara, en Junquera, Mijas y Marbella, en relacion con las Serpentinas y Dioritas que han atravesado el terreno terciario. En Sierra de Mijas se explota y exporta para Coin y Málaga, en donde la elaboran para distintos usos: en esta Dolomia se encuentran depósitos de Galena que se beneficia. Segun Naranjo, las Dolomias de Badajoz deben su existencia á erupciones de rocas serpentínicas, y muy particularmente de Eufótidas. La ya citada de Farena es resultado de la aparicion de los Pórfidos á través de los terrenos terciarios. En Mallorca la cita el Sr. Lamármora en las Montañas de Arsa.

Aplicaciones.—La Dolomia sacaróidea, cuando el principio magnésico no predomina sobre el calizo, puede emplearse como Mármol estatuario; pudiendo asegurar que la mayor parte de los descritos como tales en el artículo anterior, son mas ó menos dolomíticos.

La presencia de cristales de esta sustancia podrá considerarse como indicio de la proximidad de algun filon ó de sustancias metálicas mas ó menos importantes.

La Dolomia granosa de San Gotardo es objeto de explotacion por los minerales curiosos que se encuentran en su masa, y que se suelen vender á buen precio.

La Dolomia compacta puede emplearse como piedra de construccion aunque la circunstancia de descomponerse con facilidad, y la

de su gran peso, la hacen poco á propósito para este objeto.

Las Dolomias terrosas en razon á la proporcion de Arcilla que contienen y á la presencia de la Magnesia, pueden servir de base para excelentes cales ó cementos hidráulicos; así como por su descomposicion y por la mezcla con los principios calizos que encierra, puede convertirse en tierra ó en abono mineral excelente. Pero para esto es condicion indispensable emplearla en tierras en que escasee la Cal y la Magnesia, y que este principio no se encuentre con exceso en la roca; pues de lo contrario la tierra perdería en vez de ganar.

Por fin, conviene tener presente que las aguas que circulan en los terrenos dolomíticos y que se sobrecargan de este principio, no son saludables; siendo opinion acreditada entre los médicos, no ser otra la causa del Bocio que tanto aflige á la humanidad en muchas comarcas de Europa. Y aunque la cuestion esté todavía por resolver en cuanto á la causa de tan terrible enfermedad, de todos modos convendrá tener presente este principio para evitar en lo posible el establecimiento de colonias ó de nuevas poblaciones en los terrenos exclusivamente formados por la Dolomia; rindiendo de paso este homenaje á la ciencia que está destinada á resolver las cuestiones mas árduas y vitales.

Tercera especie.—Yeso, Anhidrita.

Sinonimia.—Cal sulfatada, Selenita, Alabastro yesoso, Vulpinita y Karstenita &c.

Existen tales relaciones geognósticas y tantos puntos de contacto entre la roca que se acaba de describir, el Yeso hidratado, y anhidro y la Sal comun, que aunque su naturaleza química no tenga nada que ver con la de la Dolomia, deben describirse á continuacion estas especies geognósticas, ya que casi siempre forman un grupo natural.

Definicion.—El Yeso es un compuesto de Acido sulfúrico y Óxido cálcico, mas una cierta cantidad de Agua, constituyendo un sulfato hidratado de Cal. La Anhidrita goza de la misma composicion, si se exceptúa el Agua que no entra en ella; de modo, que es un sulfato anhidro de Cal. La Mineralogía considera á estas dos sustancias como especies distintas; pero en Geología pueden perfectamente reducirse á una, en razon á la excasa importancia de la Anhidrita y á los tránsitos insensibles que con frecuencia se notan entre esta y el Yeso que en rigor debe considerarse como la roca tipo de la que la otra es solo una epigénesis.

Caractéres.—El Yeso es una roca simple muy fácil de conocer por sus caractéres físicos y exteriores. El mas distintivo es su poca dureza, pues permite se le raye con la uña; su color es vario, ofreciendo todas las modificaciones desde el blanco anacarado y brillante, hasta el negro; sin embargo, las tintas claras y en especial la blanca, es la que en él predominan. La textura puede ser cristalina en grandes hojas trasparentes que se separan con mucha facilidad; otras veces se presenta granudo, fibrosó y tambien compacto. En el último caso, se llama Alabastro yesoso para distinguirlo del calizo, con el que podria confundirse.

El Yeso es mas pesado que las rocas calizas; su tenacidad es tambien mayor; y si á esto se añade el que no hace efervescencia con los ácidos, y que se convierte en una sustancia blanca, mate y friable con pérdida del agua cuando se sujeta en pequeñas láminas á la accion del calor, queda perfectamente caracterizado y sin poderse confundir con las Calizas ni con el Talco, que son las sustancias que mas se le parecen.

Variedades.—Laminar formada de láminas sobrepuestas constituyendo masas blancas y opacas; *fibroso* compuesto de fibras rectas, paralelas, de brillo sedoso y anacarado; *bacilar* cuando las fibras son mas gruesas y se hallan entrecruzadas; *sacaróideo* constituido por granos pequeños y brillantes parecidos á pequeños cristales como en el Mármol de este nombre; *compacto* por otro nombre Alabastro yesoso, de textura compacta y de fractura cérea y traslucida; *calizo*, *arcilloso*, *sulfurífero*, *micáceo*, *oxidulífero*, *talcoso &c.*, cuando ofrece como elementos accidentales la Caliza, la Arcilla, el Azufre, la Mica, el Hierro oligisto en hojuelas, el Talco &c.

La Mineralogía reconoce y describe otras variedades, como el *cristalizado*, el *lenticular*, el de *Hierro de lanza*, por considerarlas como verdaderas especies minerales.

Yacimiento.—El Yeso recorre, como las rocas Calizas, toda la série de terrenos de sedimento; y hasta se encuentra en los Azufrales, en los Lagonis y en los volcanes activos como he tenido ocasion de ver en el Vesubio, adherido á la lava misma; debiendo admitir igualmente en esta roca dos orígenes y yacimientos, pues ó son resultado directo de sedimentacion química, ó producto de alteracion mas ó menos profunda de masas calizas normales por la influencia de emanaciones ácidas gaseosas ó líquidas. En el primero de estos casos, ó cuando el Yeso es normal, se encuentra en capas y masas á veces lenticulares de grande

espesor en todos los terrenos neptúnicos desde el silurio hasta el terciario inclusive; alternando en ellos con bancos de Calizas, Arcillas y Arenas, formando parte integrante de su composicion. Pero si bien es cierto que se le ve en todos los períodos geológicos, tampoco lo es menos que en el triásico y en los terciarios adquiere su mayor desarrollo; con la particularidad de ir casi siempre acompañado en estos horizontales geognósticos de la Sal comun, de las Dolomias y hasta del Azufre, como se observa en Sicilia y en otras comarcas. La formacion de estos Yesos normales la explican algunos, suponiendo la existencia en el interior de los mares y lagos, de manantiales sulfurosos que llevaban el gas sulfídrico. La descomposicion de este dió lugar al ácido sulfúrico que atacando al carbonato de Cal, que en mayor ó menor cantidad contenian las aguas en disolucion, desalojó al ácido carbónico, formando sulfato hidratado de Cal ó Yeso que se depositó en el fondo en capas y masas de formas tan distintas cuantas son capaces de adquirir los materiales de sedimentacion química. La presencia de huesos y otros restos orgánicos fósiles en la masa de estos Yesos parece demostrar, en apoyo de esta teoría, que el ácido sulfúrico no se encontraba con exceso en las aguas, pues en este caso los hubiera destruido. Al parecer aquellos se depositaron en el seno de un líquido que llevaba en disolucion los elementos de esta roca que despues se depositó en forma de Sal neutra. Tambien encuentra en esta teoría explicacion satisfactoria la asociacion del Azufre con el Yeso, supuesto que la descomposicion del gas sulfídrico se sabe determina la formacion de Azufre puro y de ácido sulfúrico. Por otra parte, las aguas termales en la mayoría de los casos, gozan la propiedad de llevar en disolucion la Sílice, lo cual explica plausiblemente la presencia de nódulos y hasta de bancos enteros de esta materia, alternando con el Yeso.

En cuanto á los otros Yesos, con razon se los considera como metamórficos; tanto por su yacimiento en terrenos mas ó menos dislocados, de cuyos accidentes tambien participan, y por las relaciones casi constantes é íntimas que tienen con rocas ígneas y muy particularmente con Anfibolitas, Serpentinas, Labradófidos y demas del grupo porfídico feldespático y magnésico, cuanto por la existencia en ellos de la Mica, el Talco y hasta la Esmeralda, como se ha visto recientemente en el valle de El-Harrach, cerca de Blidah (Argelia), en donde esta piedra preciosa se encuentra tan pronto en una Caliza sacaróidea, como en el Yeso; ambas rocas son metamórficas y subordinadas, al parecer, al Gneis, á las Anfibolitas y á las Serpentinas.

La dislocacion de los estratos de Yeso metamórfico que ha hecho se creyera por algunos en su orígen eruptivo, se explica por el aumento de peso y de volúmen que adquiere esta sustancia al pasar de carbonato á sulfato hidratado de Cal. En cuanto á las relaciones que esta roca tiene con las ígneas indicadas, parece demostrar que su estado actual depende de la influencia que estas han ejercido en la trasformacion de masas calizas en sulfato de Cal ó Yeso; y si faltara algo para confirmar esta idea, la asociacion de todos estos elementos geognósticos con la Dolomia y la Sal comun, nos daria una demostracion palpable. Por último, la presencia en el Yeso de las sustancias indicadas demuestran la intervencion que el calor ha tenido en tan curiosas epigénesis, pues difícilmente se explicaria por la sola via húmeda, la formacion de la Mica, el Talco y las Esmeraldas.

De modo que, los Yesos metamórficos constituyen formaciones locales de un género particular, sin formar parte integrante de los terrenos en que se encuentran, en lo que se diferencian de los normales; y son resultado de una epigénesis, debida con bastante probabilidad, á emanaciones sulfurosas provocadas, si es permitido decirlo así, por la aparicion de las rocas porfídicas. Las sustancias gaseosas ó líquidas que las constituian, penetraron en los bancos calizos inmediatos de abajo arriba y determinaron la trasformacion en sentido vertical de la Cal carbonatada en Yeso. La sola diferencia que se nota entre este metamorfismo y la formacion de los Yesos normales, consiste en que mientras en estos el carbonato de Cal atacado por el ácido, se supone existia en disolucion en las aguas, en aquellos por el contrario, formaba bancos ya constituidos y consolidados.

Esta teoría bastante plausible y racional, se ve confirmada en todos aquellos puntos en que se halla en actividad la fuerza volcánica, como por ejemplo, en los Azufrales, en los Sofionis y Lagonis y en los volcanes activos. En el interior del cráter actual del Vesubio y en el Azufral de Pozzuolo, puedo asegurar haber presenciado la formacion del Yeso que encontré adherido á las paredes de las cavidades, en donde el gas atacando la parte caliza de las rocas, da lugar á su trasformacion. La textura en general fibrosa y algun tanto celular de esta roca, demuestra que ha sido atravesada por sustancias gaseosas ó aeriformes.

Finalmente, en las canteras de Alabastro yesoso del término de Picasent (Valencia), partida llamada de Niñerola, descritas ya por el ilustre Cabanilles, y de las cuales se surte la capital de Yeso y hasta de piedra de adorno, encontré el año de 1855 la confirmacion mas plena

de esta teoría de la formacion del Yeso. Con efecto, el Yeso en dicho punto constituye masas enormes en las que se ha borrado casi por completo la primitiva estratificacion; encontrándose tambien en su masa nódulos de gran tamaño de Sílice alterada, formando con frecuencia especies de brechas muy curiosas en las que los fragmentos de Pedernal se ven cementados por el Yeso mismo. Ahora bien, en el centro de una de las canteras entonces en explotacion, se veia cuando yo la visité, el tubo ó conducto ramificado que dió, al parecer, salida al manantial que llevaba el gas sulfídrico agente de la trasformacion. Las paredes del conducto estaban tapizadas de una especie de harina yesosa sumamente fina, y mas blanca que la misma nieve. Un poco mas allá la materia adquiere mas consistencia convirtiéndose poco á poco en un Alabastro compacto que no cede en belleza al tan famoso de Volterra; Alabastro que insensiblemente vuelve á perder sus caractéres, hasta que á la distancia de 40 á 50 metros se ve convertido en capas regulares de una Caliza lacustre miocena con Planorbis y Lymneas características de este piso terciario (1).

Los Yesos metamórficos se encuentran de preferencia en los terrenos antiguos y secundarios; si bien por lo que se acaba de decir no están excluidos de los terrenos terciarios, aunque la mayor parte de los que se hallan en estos son normales.

Localidades extranjeras.—El Yeso es muy comun en el globo, se encuentra en varios puntos de Toscana, particularmente en Volterra y la Castellina marítima; en los alrededores de París forma bancos enormes que llevan nombres particulares que le dan los canteros que lo explotan para el consumo de la capital; en Aix (Provenza); en Gargas (Vaucluse); en Varren (Aveyron); y en otros puntos en Francia es comun. En Sicilia es frecuente la variedad sulfurífera y otras; en Bex (Suiza) se explota junto con la Sal comun &c.

Localidades españolas.—En la Península tampoco excasea, encontrándose abundante en los terrenos terciarios de los alrededores de Madrid en donde se explota y se consumen cantidades fabulosas en la construccion; en Picasent (Valencia) es notable el Alabastro por su belleza; en las Agujas de Santa Agueda (Castellon) se ven abundantes canteras dependientes del terreno triásico; en Cuevas (Castellon) se explota el del terreno terciario; en Aleas (Guadalajara); en Quesada (Mancha); en Teruel y en mil otros puntos abunda.

(1) Los que deseen mas datos, pueden consultar la Memoria publicada por la Comision del Mapa geológico en 1858, de los trabajos verificados por la misma en 1855.

Aplicaciones.—La aplicacion mas comun é importante del Yeso es para la construccion y en el modelado para la Escultura. Cuando se destina á estos usos se calcina préviamente pulverizándolo despues y sumergiéndolo en el Agua para que en el acto de recobrar este elemento, del que le privó la accion del calor, fragüe con mas ó menos prontitud. En este caso, constituye una masa dura que adhiriéndose á los objetos con que se le pone en contacto, los aglutina y retiene á la manera de los cementos y argamasas mas consistentes.

Las variedades térreas son las que de preferencia deben destinarse para la construccion; así como las cristalizadas y compactas sirven para el vaciado y blanqueo por su finura y suavidad.

El Yeso compacto y cristalino de grano menudo y uniforme, ó sea el Alabastro yesoso, se emplea en la fabricacion de bustos, estátuas, vasijas, tazas y otros objetos de adorno. En diferentes puntos de Italia, y en especial en Florencia, se hace de esta piedra un gran comercio, pudiendo calcular en algunos millones el producto anual que rinde este ramo de industria.

La facilidad con que se deja labrar, es una circunstancia preciosa; pues á la belleza natural que ofrecen los objetos, se reune la ventaja de su baratura, á veces fabulosa. Entre los monumentos de bellas artes elaborados en la Península con el Alabastro de Yeso, puede citarse como notable la portada principal del palacio de Dos Aguas, en Valencia, obra de los artistas Hipólito Rovira, pintor; que dió el diseño, y de Ignacio Vergara, que la esculpió; emplearon en ella cuatro años desde 1740 á 1744, y se gastaron 41 carretadas grandes de piedra que se extrajo de la cantera llamada Gavarda, término de Picasent.

La variedad cristalizada en grandes hojas ó láminas, sirve aun en muchos puntos, y su uso fué mucho mas general antiguamente, para las vidrieras de las casas y templos; siendo bastante trasparente para este objeto.

Por último, las variedades térreas y arcillosas se emplean como abono estimulante, sobre todo, en las tierras ligeras y arenosas que carecen de Cal. En la Geología agrícola se darán mas detalles sobre esta importante materia.

Alunita.

Sinonimia.—Aluminita, Piedra de Alumbre, Alaunstein &c.

La analogía de la causa que les dió orígen me obliga á decir dos

palabras acerca de esta roca compuesta de Alumbre, á continuacion del Yeso, á pesar de no ir en la clasificacion.

Variedades.—La Alunita se presenta *compacta*, *estalactítica*, *cavernosa*, *terrosa* y *brechiforme*.

Yacimiento.—Esta es una roca esencialmente metamórfica producida, como el Yeso, por la reaccion del ácido sulfídrico; con la sola diferencia de ser las Pizarras arcillosas y los productos volcánicos, principalmente las Traquitas, las rocas matrices en vez de las calizas de que procede aquel. Encuéntrase en el terreno jurásico y en los volcanes apagados, en los Azufrales y Lagonis, en donde está hoy en via de formacion á expensas de los silicatos de Alúmina y Potasa que encuentran á su paso los vapores sulfurosos.

Localidades extranjeras.—Las Alunitas mas famosas por el Alumbre que han suministrado son las de Montioni, Campiglia, la Tolfa, Pozzuolo y Sicilia en Italia; las de Hungría y Mont d'Or, procedentes de terreno traquítico &c.

Localidades españolas.—El distrito mas rico en la Península es el de Mazarron, en donde se explota en gran escala y es de excelente calidad; tambien procede de la descomposicion de Traquitas.

Aplicaciones.—La Alunita sirve para la extraccion del Alumbre, cuyos usos son bien conocidos de todo el mundo.

Sal comun.

La consideracion importantísima de las relaciones geognósticas de las rocas, cuya historia se acaba de trazar, es la única que nos obliga á ocuparnos en este artículo de la Sal gema ó comun. Esta sustancia conocida desde la mas remota antigüedad por sus numerosas aplicaciones en la economía doméstica, es tal vez la mas fácil de distinguir por el sabor particular y propio que la caracteriza. Su color es vario, presentándose por lo comun blanco, tambien rojizo mas ó menos intenso, y á veces azul; coloraciones debidas á óxidos metálicos y mas comunmente á sustancias orgánicas tan fugaces, que la pulverizacion siempre da por resultado el color blanco. Su textura tambien es diversa, presentándose cristalizada en cubos, fibrosa, compacta y térrea, acompañada de materias arcillosas.

La composicion de esta roca es muy sencilla formada de cloruro sódico puro ó mezclado con alguna sustancia bituminosa ú orgánica, y con óxidos de Hierro que le comunican tintas diferentes. La Sal comun

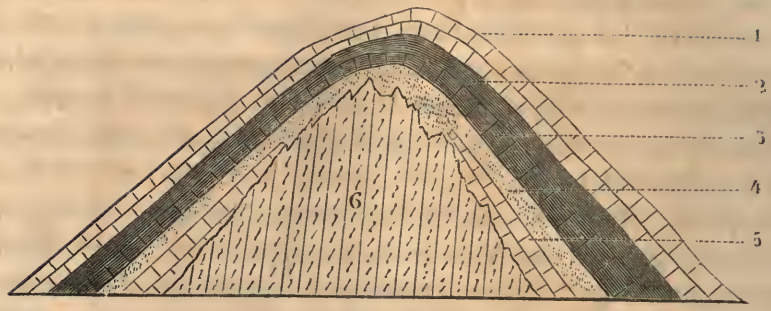
ofrece la particularidad de disolverse casi tan fácilmente en el Agua fria como en la caliente.

Variedades.—Laminar y *lamelosa*, compuesta de láminas ú hojas de diferente tamaño; *granular*, por ser su textura sacaróidea de granos brillantes; *fibrosa*, cuando consta de fibras rectas, paralelas ó divergentes; *arcillosa*, cuando va mezclada con Arcillas; *blanca, rojiza, azul &c.*, por su diferente coloracion.

Yacimiento.—Prescindiendo de las inmensas cantidades de Sal disuelta en las aguas del mar y en muchos manantiales y lagos, considerada como roca ó en masa, se presenta en capas contemporáneas del terreno en que se encuentra, ó en masas evidentemente introducidas despues.

El primer criadero, puede decirse, propio de los terrenos antiguos desde el silurio superior, como se ve en el Canadá, hasta el triásico inclusive; cuya abundancia en Sal comun ha hecho se llame por algunos, terreno salífero por excelencia. El terreno pérmio tambien ofrece depósitos de esta sustancia, como en Mandsfeld, en el gobierno de Perm (Rusia), y en Inglaterra. El otro criadero, que en razon á sus circunstancias particulares, puede llamarse independiente, se distingue del anterior en que la Sal no forma parte de la estratificacion del terreno cuyas capas, por el contrario, se ven cortadas y dislocadas por su interposicion. Si á esto se agregan las relaciones que en este caso tiene la Sal gema con Yesos, Dolomias y con masas ígneas, y su frecuente existencia en los cráteres de volcanes antiguos como en el Vesubio, en Tenerife, en el Ecla, en las islas Borbon &c., se verá confirmada la idea de que la aparicion de esta roca ha sido posterior á la consolidacion de los terrenos en que se encuentra. Considerada bajo este punto de vista la Sal comun puede decirse que es mas bien una roca eruptiva que el producto de un metamorfismo mas ó menos avanzado; no limitándose á un terreno determinado; y encontrándola siempre asociada con rocas anfibólicas, con Yesos y Dolomias y con fuentes termales y bituminosas. Los criaderos independientes de la Sal comun han determinado la formacion de lo que se llama, como hemos ya indicado, un cráter de levantamiento en el que las capas del terreno han sido levantadas por la masa, á veces inmensa, que se ha interpuesto; hecho curioso y que se ve confirmado plenamente en la siguiente figura. Con frecuencia la Sal logró separar los estratos, al propio tiempo que los dislocó y levantó, constituyendo en este caso un cráter de erupcion del que las famosas minas de Cardona ofrecen, segun Dufrenoy, un ejemplo palpable y evi-

Figura 52.



1 y 5. Bancos de Caliza.
2. Arcillas.
3. Calizas arcillosas.
4. Areniscas.
6. Masa interpuesta de Sal con Yeso.

dente, como se puede ver en la figura 53, copiada de la que este distinguido geólogo acompañó á la descripcion de tan importante localidad (1). Sin embargo de ser muy ingeniosa esta teoría, Coquand hace notar que la existencia frente al fuerte de Cardona de ocho capas de Sal de mucho espesor, alternando con bancos regulares de Arcillas rojizas, parece oponerse á su adopcion. A pesar de esto, es indudable que esta roca afecta los indicados modos de presentarse; siendo unas veces producto de la sedimentacion química en capas regulares, y otras roca eruptiva ó metamórfica en grandes masas ó padrastros interpuestos y en relacion con las rocas arriba mencionadas.

Además, es muy comun el encontrar la Sal en manantiales en los puntos mismos en que aparente ú oculta, existe dicha roca, siendo muy probable que las aguas la tomen al atravesar los terrenos que la contienen.

Por fin, en todas las tierras que rodean á los lagos salados en Africa, en la Tartaria, en el centro de Asia &c., se observa otro yacimiento de la Sal, pues impregnadas como se hallan de esta materia en el momento en que por la evaporacion desaparece el Agua que la disuelve, se forman eflorescencias que aglutinan las partes térreas ó arenosas, constituyendo las Arenas salíferas. En la estacion de las lluvias se convierten otra vez en almarjales y pantanos salados.

(1) Memoires pour servir á une description gèologique de la France: 4 tomos en 8.° con láminas.

Localidades extranjeras.—La abundancia de la Sal solo es comparable con lo universal y hasta necesario de sus aplicaciones. En el Ca-

Figura 53.

Vista de la Mina de Cardona.

A. Sal en masa no estratificada.
B. Capas levantadas de Arenisca.

nadá se explota en el terreno silurio superior; en el pérmio se encuentra en las localidades arriba indicadas; en el piso Muschelkalk del triásico se observa en el Wurtemberg; en el de las Margas irisadas del mismo,

verdadero horizonte de la Sal, se explota en Dieuze, Vic, Abondange, Rozieres de las salinas (Departamento de la Meurthe); en Gouhenans, Melsey, Salins, Arbois y otros puntos en la base de la cordillera del Jurá; en Sultz, Hailbrunn, y Wimpfen (Wurtemberg); en Northwich cerca de Liverpool; en Bex (Suiza), en cuya localidad la Sal remonta, segun Charpentier, hasta el Lias inferior. En el jurásico se ve en Salzburgo; en el cretáceo en las montañas de los Zuabis (provincia de Constantina); en los terciarios en Lumburgo (Hannover); en Wielizka (Polonia); en Volterra (Toscana); en las llanuras ó desiertos de Sahara (Africa) &c.

Además de estas localidades, cuyos horizontes geognósticos son conocidos, se citan otras muchas en los Carpatos, en Hungría y Transilvania, en las grandes llanuras del mar Caspio, en la Rusia europea y asiática, en Persia, en Africa, en California, Cuba, Santo Domingo, Perú &c., en donde se encuentran masas inmensas.

En manantiales se explota en Dieuze, Salins, Alten, Volterra, Transilvania, en la América septentrional, en Siberia y otros puntos.

Por fin, los lagos y pantanos salados se citan en la Rusia de Asia, en Siberia, Tartaria, en China, Persia, Egipto &c.

En las aguas de los mares la Sal entra en la proporcion de 10 á 25 milésimas.

Localidades españolas.—En la Península tambien abunda la Sal gema, pudiendo citar como localidades mas famosas en el terreno triásico, Manuel, Villena, Villalgordo de Cabriel, Minglanilla, Monovar, Villarubia, Onda, Sarrion y otros puntos; unas veces en masa, otras en manantiales. En el terciario inferior ó nummulítico, existen las de Cardona, propiedad del señor duque de Medinaceli; y en los pisos medio y aun superior, segun quieren algunos, se halla en Pancorbo, Añana, cerca de Vitoria, en Pozas partido de Briviesca (Búrgos). En la última localidad la Sal se encuentra, segun el Sr. Naranjo, entre estratos arcillosos del terreno terciario, cerca del cráter de un Azufral, cuyas antiguas erupciones dieron, tal vez, orígen á la Sal y á la dislocacion que el indicado terreno ofrece. En el Pinoso y la Rosa (Alicante), se encuentran grandes depósitos de Sal, en relacion con Yesos y Dolomias.

En Sariego muerto y Villaviciosa (Asturias), existen manantiales salados.

Aplicaciones.—Además de ser, como condimento de una aplicacion universal y sustancia de primera necesidad, se destina esta roca á la preparacion del cloro y del ácido clorhídrico; del carbonato de Sosa, que se emplea en las fábricas de Vidrio y de Jabon; del sulfato de la

misma sustancia, de la Sal amoniaco &c. En algunos puntos sirve tambien como abono, y para hacer incombustibles las maderas.

La explotacion de la Sal se verifica de dos modos diferentes, segun la importancia del criadero y la mayor ó menor pureza de la roca. Cuando la calidad es excelente y la cantidad considerable, se reduce á la extraccion de grandes masas, por medio de galerías subterráneas ó á cielo abierto, como sucede en Cardona; en donde es tal la consistencia de la roca, que hay que echar mano de la pólvora para destacar los pedazos. Cuando la Sal no es tan pura y se presenta en menor cantidad, la explotacion se reduce á hacer circular corrientes de agua á través de su masa y á desecarla despues por evaporacion, como se practica con la que se extrae de las aguas del mar.

Terminado el estudio de las rocas metamórficas de sedimento químico, estamos ya en el caso de pasar al de las que forman el

TERCER GÉNERO.—*Rocas metamórficas de orígen mecánico.*

En este género colocamos aquellas rocas de sedimento mecánico que han sufrido despues de su consolidacion una epigénesis mas ó menos profunda. Se divide en tres especies principales, que son: la Cuarcita, los Jaspes y las Porcelanitas ó Termántidas.

Primera especie.—Cuarcita.

Sinonimia.—Anagenita, Cuarzo granoso.

Definicion.—La Cuarcita es una Arenisca compuesta esencialmente de granos de Sílice de diferente tamaño, cementados por una pasta de la misma sustancia, que habiendo sufrido despues la influencia de rocas ígneas, se presenta de aspecto uniforme y de textura compacta, de fractura córea, y de tintas generalmente grises, como si los granos se hubieran fundido con el cemento mismo. La variedad lustrosa de la Arenisca comun es la que por efecto, sin duda, de causas análogas se le parece mas. La falta de la textura cristalina y principalmente su yacimiento y relaciones geognósticas, es lo que la distingue de la especie Cuarzo eruptivo que figura entre los Granitos abortados.

Variedades.—Comun, de fractura igual; *pudingiforme*, compuesta de chinas ó guijarros de Cuarzo de tamaño variable aglutinados por una pasta de Cuarcita; *poligénica*, por otro nombre Anagenita; formada de cantos ó guijarros de rocas de distinta naturaleza reunidos por la Sílice;

talcífera, en la que los granos de Cuarzo están reunidos por una especie de película talcosa; *poliedrica*, variedad que ha tomado por retraccion la forma de prismas pseudo-regulares &c.

Yacimiento.—La Cuarcita es una roca metamórfica en la que con frecuencia la fusion de los granos de Cuarzo ha sido tan íntima, que casi ha desaparecido por completo su orígen mecánico; en cuyo caso es algun tanto difícil distinguirla del Cuarzo eruptivo, y podria tambien confundirse con cualquier otra roca de sedimento químico por su orígen, pues se diria que la Sílice habia estado en disolucion en un líquido. Los tránsitos insensibles de la textura fina y compacta á la granosa propia de las Areniscas de que procede; su yacimiento en terrenos generalmente antiguos y metamórficos de los que forma parte junto con las Pizarras arcillosas, cloríticas, talcosas y micáceas y el Gneis; y las frecuentes relaciones de contacto con rocas ígneas, graníticas ó porfídicas, ponen fuera de duda su procedencia neptúno-mecánica, igual á la de las Areniscas normales, y la epigénesis que ha experimentado despues de su formacion.

Localidades extranjeras.—La Cuarcita es comun en los terrenos paleozóicos, y particularmente en el silurio, como se ve en Cherburgo en la montaña llamada le Roule, en donde he tenido ocasion de estudiarla y de recojer excelentes ejemplares de la variedad talcoso-clorítica que se distingue por cierta suavidad y untuosidad al tacto. En el mismo horizonte se encuentra en la cordillera de los Ardenes; en los Estados-Unidos, y en muchas localidades de la Península, como indicaremos mas abajo. En el terreno antracífero de la Saboya la he visto en muchos puntos, y es comun alternando con Pizarras arcillosas y cloríticas.

En el terreno triásico se encuentran las variedades poligénica y talcífera en Cabo Corvo (golfo de la Spezia), alternando con Pizarras talcosas y Cipolinos, continuándose hácia Cabo Argentaro y hasta la isla de Elba, en relacion con las rocas básicas que han determinado la alteracion profunda de todas estas rocas y de los Mármoles de Carrara.

Localidades españolas.—El terreno silurio de la Península abunda extraordinariamente en esta roca que casi siempre alterna con el Gneis y las Pizarras, constituyendo por lo comun la cima aguda, entrecortada y de formas caprichosas de las montañas de Extremadura, Sierra-Morena y Guadarrama, y en las de Galicia, Asturias, Leon y otras en que este terreno se halla muy desarrollado.

Esta roca es característica, segun el Sr. Luxán, de todo el distrito que se extiende desde los montes de Toledo hasta Sierra-Morena, pa-

sando por la mesa central de Extremadura; siendo los puntos de su mayor desarrollo la dehesa de la Serena, Almaden, Sancti-Spíritus, Talarrubias, la Puebla de Alcocer, Orellana, Rena, Villar y Medellin. El terreno pedregoso de la cuenca de Almagro está formado de Cuarcita en cantos sueltos, á los que llaman *guijares* los habitantes del país. En Almagro mismo los cerros de Mata-Bestias y Boca-Pucheros, son de Cuarcita, perteneciente como la de las localidades citadas, al terreno silurio. Segun La Cortina se encuentra esta roca entre Hiendelaencina y Almiruete formando la notable peña del Corral; en el Collado, Manzanera y otros puntos de Teruel; la Sierra de Guadalupe está casi toda formada, segun este geólogo, de estratos dislocados de Cuarcita, así como sus inmediatas de la Palomera, Campana, Mimbrera &c. Abunda en las Sierras de Jaeña y Piedraescrita (Toledo); en Carratraca (Málaga) &c. Schulz cita esta roca en el Serron del Courel y en San Julian de Sante, en donde es talcosa; al O. de Rivadeo, en la peña del Timon, en la Sierra de Liudin, en Bodoedo y en otros muchos puntos de Galicia.

Aplicaciones.—En atencion á su extremada dureza, la Cuarcita se presta á pocas aplicaciones, sirviendo tan solo para la construccion ordinaria y para cubrir edificios cuando se presenta tabular ú hojosa á la manera de las Pizarras; tambien se destina á la recomposicion de los caminos &c.

Segunda especie.—Jaspe.

Sinonimia.—Ftanita, Piedra de Lidia, Piedra de toque &c.

Aunque considerada como variedad de la especie Silex, ya indicamos los caractéres de esta roca, conviene estudiarla tambien como metamórfica, siquiera sea para aclarar la cuestion de su orígen, yacimiento &c.

Variedades.—Jaspe comun, de textura compacta y de coloracion uniforme; *pizarroso*, cuando se cuartea y separa en pequeñas placas paralelas; *brechiforme*, compuesto de fragmentos angulosos de diferente volúmen cementados por una pasta silícea; *cuarzoso*, cuando la masa del Jaspe está atravesada de venas ó vetas irregulares de Cuarzo hialino; *arcilloso*, por presentarse de aspecto algo terroso y con todos los caractéres de la Arcilla.

Yacimiento.—La constante asociacion de estos Jaspes con masas ígneas, aunque pertenezcan á terrenos diferentes, ha hecho sospechar que son rocas de orígen neptúnico alteradas mas ó menos completamente

por la influencia de aquellas. Esta idea la confirma la textura hojosa y como listada ó en fajas que suelen presentar, y mas que todo, los tránsitos insensibles que en muchos puntos, y particularmente en Toscana y Apeninos de Bolonia se observan entre los Jaspes y las Pizarras arcillosas y talcosas del terreno nummulítico; tránsitos tan insensibles, que segun Coquand, en la localidad de Prato pueden recogerse ejemplares que ofrecen la textura y caractéres del Jaspe en una de las caras, y de la Pizarra en la otra.

En Italia los Jaspes metamórficos se hallan subordinados, segun el indicado geólogo, á las Serpentinas y Eufótidas, cuya aparicion ya dijimos fué posterior al terreno eoceno.

Sin embargo, no todos pertenecen al mismo período, ni están enlazados con iguales rocas ígneas. En los Pirineos se presentan en relacion con Granitos y Anfibolitas, asociados con Calizas sacaróideas pertenecientes al terreno jurásico.

Segun Coquand, los Pórfidos rojos del Esterel (Departamento del Var, han dado orígen á Jaspes listados que pertenecen al terreno triásico.

Por fin, la variedad llamada Ftanita, que se distingue por su textura compacta de grano muy fino; por su coloracion mas ó menos completamente negra, y por asociarse con materias talcosas ó arcillosas, suele encontrarse en los terrenos antiguos y solo se distingue de la de los Pirineos por su posicion respectiva.

Tercera especie.—Porcelanita.

Sinonimia.—Termántida, Arcillas cocidas, Jaspe porcelana &c.

Definicion.—Roca compuesta de Arcilla ó de Pizarra arcillosa, tostada con mas ó menos intensidad por el calor de las minas de Carbon incendiadas, y por la influencia de las rocas volcánicas.

Variedades.—Compacta variedad de aspecto brillante, de fractura concóidea, sonora y frágil; *listada*, compuesta de fajas de diferentes colores; *pizarrosa*, formada de hojas ó láminas delgadas que se convierten por la trituracion en polvo seco, de tacto áspero; *escoriforme* por haber sufrido una verdadera fusion que le comunica el aspecto de escoria de volcan; *brechiforme* la variedad anterior aglutinando fragmentos angulosos de otras rocas que no han experimentado la fusion; *fosilífera* la que conserva las impresiones de conchas y plantas fósiles &c.

Yacimiento.—Para el eminente Coquand, las Termántidas solo se encuentran en el terreno carbonífero; no siendo, segun él, estas ro-

cas mas que las Arcillas y Areniscas propias de este período geológico, mas ó menos alteradas en su estructura y en los demas caractéres exteriores y físicos por el incendio espontáneo del Carbon mineral ó Ulla. De que las Arcillas y Areniscas carboníferas, siendo en su orígen rocas neptúnicas, como lo atestiguan los fósiles que con frecuencia llevan, pasen á Termántidas ó Porcelanitas por la accion del calor en los incendios espontáneos, no cabe duda alguna; habiendo visto la confirmacion de este hecho importante en las minas de S. Etienne. de donde traje ejemplares en los que se puede estudiar el tránsito insensible de unas rocas á otras, y las impresiones de plantas fósiles en las ya alteradas. Pero lo que no creo es que sea tan reducido el yacimiento y relaciones geognósticas de estas rocas, pues he tenido ocasion de ver en los terrenos volcánicos de Auvernia y de Italia, particularmente en las islas de Isquia, de Lípari y Cíclopes, junto á Catania, y en otros puntos, rocas de aspecto arcilloso, arenáceo y aun margoso, con fósiles terciarios, convertidas en verdaderas Porcelanitas muy duras á la inmediacion de rocas volcánicas, traquíticas en Isquia y Lípari, basálticas en las islas Cíclopes. En estas se ve el Basalto en masa unas veces, globular y prismático otras, atravesando las Arcillas pliocenas que á su proximidad se convierten en rocas duras, compactas y sonoras, encontrándose en algunos puntos de contacto la Porcelanita adherida á la roca eruptiva. La diferencia de aspecto entre esta roca y las Arcillas terciarias de que proceden es tan marcada, que el Sr. Gemellaro, de Catania, creyéndola roca distinta, le dió el nombre de *Ciclopita* por su procedencia. La circunstancia de encontrar en ella moldes de Turritelas terciarias cuando en 1832 visité dicha localidad, pusieron en claro la naturaleza y procedencia de la mal llamada Ciclopita, que es una verdadera Termántida. En la isla de Isquia, el tránsito de las Arcillas terciarias á Porcelanitas es, si cabe, mas claro, determinado por las corrientes traquíticas que arrancan de la base del Epómeo; los fósiles son en dicho punto mas abundantes que en el anterior.

Pero aunque la formacion de las Termántidas no sea debida exclusivamente al incendio expontáneo de las minas de Carbon, pues en el terreno carbonífero mismo se observan rocas porfídicas y otras eruptivas que han dislocado sus estratos y determinado modificaciones profundas en las rocas que los componen, no por eso ha dejado de contribuir poderosamente, este hecho curioso, á establecer la teoría del metamorfismo de estas y de otras rocas análogas.

Sin embargo, el Sr. Delesse, á quien tantos adelantos debe la cien-

cia, en su reciente y famoso *Tratado sobre el Metamorfismo*, no admite que las Termántidas sean simplemente un efecto de temperaturas elevadas en contacto de rocas arcillosas. Para esto se funda en que aquellas, en vez de ser rocas anhidras, como parecia natural si fueran Arcillas sujetas á la coccion ó calcinacion, contienen una cantidad notable de Agua; y además en la asociacion con las Porcelanitas de muchos minerales de orígen ácueo, como la Barita sulfatada, las Zeolitas, algunos carbonatos &c. en los puntos de contacto entre la roca eruptiva y la metamórfica. Refiriéndose particularmente á las Termántidas relacionadas con los Basaltos, este autor atribuye su formacion á la infiltracion de aguas minero-termales que, segun él, deben haber acompañado la aparicion de la roca eruptiva. Las aguas sobrecargadas de bases han podido disolver parte de la Sílice de las rocas arcillosas, é introducir en ellas el óxido de Hierro y Alcalis, á cuyas sustancias deben las Termántidas sus rasgos característicos. De modo que, determinada esta curiosa epigénesis por la accion principal del Agua auxiliada poderosamente por el calor, Delesse dice, que no es exacto el llamar á las rocas que la han experimentado Porcelanitas, pues da una idea falsa del agente al que deben su estado actual.

Dando á las Termántidas esta latitud, deben figurar entre ellas la Margolita, ó sea la Marga metamórfica, los Arcillófidos y otras rocas análogas.

Tambien pueden hacerse extensivas estas indicaciones, acerca del orígen de las Termántidas, á los Jaspes, ya que tanta analogía de procedencia y de yacimiento se nota entre estos y aquellas.

Localidades extranjeras.—Las Termántidas ó Jaspes porcelanitas son rocas que no escasean en Alemania, y particularmente en Sajonia, en la Hesse, en Hoher-Parkstein (Baviera), en Unkel, en el Siebengebirge, en el Eifel, en Bohemia y otros puntos. En Francia se encuentran en los alrededores de Puy, en Velay, en Loitte, en el valle de los Infiernos, en Mont d'Or &c. En Italia son clásicas las localidades indicadas y el Val di Noto (Sicilia).

Localidades españolas.—En la Península abundan sobremanera en la region volcánica de Cabo de Gata, Mazarron &c.

Aplicaciones.—Las aplicaciones de estas rocas son muy reducidas, en atencion á su fragilidad; suelen, sin embargo, destinarse á piedras de construccion y á la recomposicion de caminos.

Metamorfismo.

Despues de haber descrito los productos mas notables de la singular trasformacion ó epigénesis que en determinadas circunstancias experimentan las rocas neptúnicas, y á pesar de haber reasumido en el artículo *Yacimiento* la causa probable á que cada roca metamórfica debe su estado actual, conviene decir dos palabras acerca del fenómeno en sí; procurando concentrar en pocas líneas lo mucho que sobre tan importante materia se ha escrito desde que Hutton inició en Inglaterra este movimiento científico. El giro eminentemente práctico que de pocos años á esta parte ha tomado esta cuestion, gracias á los adelantos de la Química y á la asiduidad con que han aplicado esta ciencia á la Geología los Delesse, Deville, Daubrée, E. de Beaumont, Coquand, Fournet, Omalius, Dufrenoy, Virlet y otros en Francia; los Hall, Lyell, Murchison &c. en Inglaterra; Debuch, Humboldt, Bischoff, Rose, Mitscherlich, Abich en Alemania &c. &c., nos obliga á hacer, por lo menos, una indicacion de sus principales resultados.

Las rocas que entran principalmente en la constitucion física del globo son resultado de la accion del calor ó de las aguas; agentes que pueden obrar y con frecuencia obran independientemente. Esto no obsta, sin embargo, para que ambos á dos concentren su accion en determinadas circunstancias sobre las mismas masas; en cuyo caso resultan rocas ambiguas que ofrecen á la vez señales evidentes de estratificacion y una textura mas ó menos cristalina; enlazándose por un lado con rocas de sedimento verdaderas, y por otro con masas no estratificadas y de orígen evidentemente ígneo. Tambien es frecuente encontrar, por ejemplo en los terrenos terciarios, materiales volcánicos dispuestos en capas formando parte integrante de su composicion, ó intercalados en su propia masa. De aquí arranca la division de las rocas en *ígneas* y *ácueas*, *pironeptúnicas* y *neptuno-pirógenas* que hemos admitido. Estas especies de anomalías han llamado en todos tiempos la atencion de los geólogos mas eminentes, dando lugar en ciertas épocas á que llegara á considerarse hasta el Granito mismo como roca formada por el Agua (1).

(1) Varios químicos, y entre ellos Delesse y H. Rosse, han manifestado en estos últimos años dudas acerca del orígen exclusivamente ígneo, ó por la via seca, del Granito. El primero, en un importante escrito que leyó en la reunion extraordinaria de la Sociedad geológica de Francia celebrada en Nevers en 1858, fundado en con-

Pero en el momento en que el estudio de la ciencia se fundó sobre la observacion atenta, mas bien que sobre teorías no siempre verdaderas, se vió que las rocas estratificadas podian conservar señales mas ó menos evidentes de la sedimentacion primitiva química ó mecánica, á pesar de haber sufrido despues alteraciones profundas en su textura, color y hasta en su composicion propia, por la influencia del calor y de ciertos agentes no siempre fáciles de apreciar. A estas alteraciones, que no han exigido siempre la fusion completa de las rocas, aunque con frecuencia han hecho desaparecer los fósiles, conservándose la estratificacion, es á lo que, segun Coquand, se ha dado el nombre de *metamorfismo*.

Para Delesse esta expresion representa todas las alteraciones que han podido experimentar las rocas. En mi concepto no debe darse tanta latitud á la palabra, pues los cambios producidos por la descomposicion física ó química de las masas minerales generalmente se consideran aparte.

Cuando estudiamos comparativamente la estructura, la cohesion, el modo de estar y hasta la naturaleza de las rocas de sedimento en los llanos y en las montañas, se observa que las capas que eran sensiblemente horizontales en aquellos van tomando cierta inclinacion, acompañada á veces de dislocaciones, de saltos ó fallas y de otros accidentes á medida que nos acercamos á estas. La textura, el color y hasta la naturaleza de las masas minerales cambian tambien; notándose que estas alteraciones son mas profundas cuando la montaña ó cordillera en que las estudiamos participa del carácter eruptivo. En tiempos no muy

---

sideraciones importantes y de mucho peso, emite la idea de que esta roca no apareció en el estado plástico propio de su orígen por efecto de la sola accion del calor, haciendo intervenir al Agua y á la presion, que debió ser inmensa en las regiones y circunstancias en que esta operacion se verificó. Y como la Sílice cristaliza muy bien en presencia del Agua, se comprende que pudo separarse con facilidad de la mágma granítica, dando lugar al Cuarzo. El segundo, en una Memoria muy notable sobre las diferentes edades del ácido silícico, publicada en 1859 en los *Anales* de Poggendorff, dice terminantemente que ni las condiciones particulares de la Sílice, ni la diferente fusibilidad de los elementos del Granito permiten explicar su orígen por la via seca; inclinándose á considerarlo como una roca procedente de otra anterior, y en cuya formacion el Agua ha tenido con la presion tanta parte, y aun si cabe mayor, que la elevada temperatura que debia reinar en el globo. De manera que esta teoría no tiende á destruir el orígen ígneo de la tierra, sino mas bien á confirmarlo, quitándole gran parte de su exclusivismo, y haciendo ver la influencia que han ejercido determinados agentes en la formacion de ciertas masas que se han considerado, tal vez sin razon, como producto exclusivo del calor central.

remotos se creyó que estos fenómenos eran exclusivos de los terrenos mas antiguos; contribuyendo esta idea, y la circunstancia de ofrecer las rocas caractéres ambiguos, á que se formara con ellas el grupo de los terrenos *primitivos* y de *transicion*. Pero despues se vió que estos cambios son independientes de la edad de las rocas y de las montañas que constituyen, si bien están enlazados con la mayor ó menor intensidad de las fuerzas que los determinaron. Así es que, como hace notar el ilustre Archiac, los terrenos terciarios, cretáceos y jurásicos ofrecen las mayores dislocaciones y metamórfosis en sus elementos alrededor ó en la inmediacion de los Alpes, de los Pirineos, de los Cárpatos, del Cáucaso, del Himalaya y de los Andes; mientras que á lo largo de los Vosgos, del Jura, del Moncayo y de otras de menor importancia, los mismos terrenos apenas ofrecen alteraciones notables. De manera que, segun el distinguido autor de la Historia de la Geología, si los caractéres petrográficos de las rocas, no son para el geólogo de hoy un indicio de su edad relativa, por lo menos, le revelan la mayor ó menor energía con que han contribuido los fenómenos dinámicos á accidentar las capas ó estratos de que aquellas forman parte.

El metamorfismo unas veces se nota en regiones extensas de terreno, en comarcas enteras en las que es muy frecuente no encontrar roca ó masa alguna eruptiva á cuya influencia pueda referirse el cambio de las rocas y las dislocaciones de los estratos; tal es lo que sucede por ejemplo, en el antiguo reino de Valencia y Aragon, en donde las masas ígneas son tan escasas é insignificantes, que es de todo punto imposible atribuirles la formacion de muchos Mármoles, Pizarras y otras rocas, que al parecer, son metamórficas. En otras regiones, por el contrario, la alteracion de las masas minerales se ve circunscrita á pequeños espacios, siempre en aquellos puntos en que la relacion entre la roca modificada y la modificadora, se ve clara y evidente; esto se observa en todos los centros eruptivos y aun mejor en los volcánicos, donde cualquiera puede convencerse por sí mismo de la existencia de semejantes cambios y de la causa ó agente que los determina. Al primero se le da el nombre de *metamorfismo normal ó general*, y al segundo el de *anormal ó especial*. En el metamorfismo normal, con frecuencia solo podemos observar sus efectos en la textura, disposicion y naturaleza de las rocas, no siendo conocidas hasta el dia las verdaderas causas de estos cambios ó epigénesis; mientras que en el especial unas veces el metamorfismo se experimenta y es lo mas comun en la roca atravesada y otra en la roca ó masa eruptiva. Es decir, que en

este metamorfismo suele haber accion y reaccion, dando lugar á lo que Cotta llama metamorfismo *everso* é *inverso*, ó por otro nombre, como quiere Fournet, al *exomorfismo* y *endomorfismo*.

En el estudio de este fenómeno importante, ora se considere en el terreno científico, ora en el práctico ó de aplicacion, enlazado como está con la formacion de los filones metalíferos, se notan ciertas irregularidades, que á primera vista parecen inesplicables. Así, por ejemplo, es bastante frecuente encontrar rocas de sedimento casi intactas ó ligeramente alteradas en el punto mismo de contacto, con masas eruptivas y en una extension á veces muy reducida; mientras que otras, por el contrario, se ven grandes extensiones de terrenos metamórficos profundamente alterados, sin que guarden relacion alguna con masas eruptivas. Tampoco es raro encontrar terrenos de sedimento muy alterados en su parte superior, y casi en estado normal en su base; y lo que si cabe es todavía mas extraordinario, cortes de terreno en los que se ven alternar capas normales con otras á veces profundamente alteradas.

Además, en ciertas rocas solo observamos un cambio mas ó menos profundo en sus propiedades y caractéres físicos como sucede, por ejemplo, en las Termántidas, en las Calizas sacaróideas &c.; mientras que en otras se ha verificado la sustitucion de unos elementos por otros, cambiando completamente su naturaleza química, como se ve en los Yesos metamórficos, en las Dolomias &c. Por fin, hay rocas que sin cambiar de composicion, ofrecen en su masa especies minerales que no poseian antes; estas especies, ora se presentan diseminadas como la Sílice en las Calizas terciarias, por ejemplo, ora llegaron á cristalizar y se ven circunscritas ó aisladas como el Granate, el Anfibol y varios metales en muchos Mármoles estatuarios y en ciertas Dolomias. Cuando estas sustancias se depositan en las hendiduras de las rocas, constituyen los filones metalíferos.

Estas anomalías y hechos singulares, excitaron la curiosidad de los hombres mas eminentes que trataron, como no podia menos, de indagar las causas que los determinaron. En un principio, cuando dominaba en absoluto la idea de un calor extraordinario en los productos que aparecen del interior del globo, se refirieron á este agente todos los efectos del metamorfismo. Fundábase esta creencia en el resultado de ciertos experimentos que se practicaron en su apoyo, debiendo citar entre otros, el del inglés Hall, quien habiendo colocado en un cañon de escopeta, herméticamente cerrado, una poca Creta ó Caliza

pulverulenta y sometídola á una elevada temperatura, al cabo de algun tiempo la encontró convertida en una especie de Mármol sacaróideo. En este experimento hay que tener en cuenta la influencia poderosa de la presion, pues sin ella resultaria el desalojamiento del ácido carbónico y la conversion en Cal viva, como se verifica en los hornos de calcinacion.

Esta idea no podia, sin embargo, resistir el exámen atento de muchos fenómenos que presenta el metamorfismo, pues se tropezó muy pronto con la poca conductibilidad de las rocas por el calor para explicar la accion que al parecer habia este determinado á distancias á veces muy considerables. Además, la presencia en ciertas rocas metamórficas de minerales que solo han podido formarse por la via húmeda, como las Zeolitas y los Feldespatos; y la circunstancia de ser hidratadas muchas de aquellas, como las Termantidas, por ejemplo, rechazan la suposicion de ser el calor el único ágente de estas trasformaciones. Posteriormente se fijó la atencion en un hecho muy curioso, apuntado ya por Breislak, relativo al Granito; roca que constando de elementos de fusibilidad tan diversa como el Cuarzo, el Feldespato y la Mica, no ofrece la textura listada ó en fajas, como parece natural, si fuera producto exclusivo del calor terrestre, sino entrecruzadas y mezcladas confusamente las tres sustancias que constantemente se presentan cristalinas. Esta consideracion hizo extensivas al Granito las dudas relativas al orígen exclusivamente ígneo de las rocas metamórficas.

Hallándose ya la ciencia en este camino, no tardó mucho en venir en su apoyo la experimentacion química para el esclarecimiento de la verdad en una cuestion tan vital enlazada con la formacion de los filones metalíferos. En confirmacion de esto debemos recordar que Watt probó ya que una masa mineral puede conseguir una colocacion diferente de sus moléculas, hasta la textura cristalina, sin llegar al punto de fusion; de donde deduce Lyell, con oportunidad, que pueden desaparecer de una roca de sedimento los fósiles, y hasta verificarse en el seno de las rocas, combinaciones nuevas, sin perderse por completo la estratificacion.

Daubrée en la *Memoria* que leyó ante la sociedad geológica de Francia en Noviembre de 1857, dice terminantemente, fundado en los experimentos curiosos que practicó con este objeto, que los minerales característicos de los filones metalíferos y los que se encuentran en las rocas volcánicas, pueden formarse á la temperatura de 70° centígrados bajo la influencia de la presion y la humedad. El mismo geólogo afirma

haber obtenido cristales pequeños de un mineral feldespático por la reaccion del cloruro silícico sobre una combinacion de Alumina y un Álcali; siendo de notar que hasta el presente no han podido formarle por la via seca, sino raras veces, los químicos mas hábiles. Por otra parte, este eminente geólogo asegura haber conseguido la formacion del Feldespato por la via húmeda poniendo la Arcilla en presencia de una disolucion de Silicato alcalino, sustancia que arrastran con frecuencia la mayor parte de las aguas termales. De donde infiere la analogía que existe entre la formacion de los filones, el metamorfismo y las fuentes minero-termales.

El ilustre Bischoff observó, en apoyo de esta teoría, que en Aquisgran los vapores de una fuente cuya temperatura no excede de 55 á 58° centígrados, habian convertido en masa pastosa la superficie de unos cantos de Mármol negro. De este hecho curioso deduce este químico, que el vapor en el seno de la tierra á beneficio de una temperatura igual ó superior á la de la fusion de la Lava y de la enorme elasticidad de que goza, puede convertir las rocas en una sustancia líquida. Esta consideracion es de mucha importancia, pues tiende á contrabalancear la poca conductibilidad de las rocas por el calor; pudiendo de este modo explicar satisfactoriamente el metamorfismo á grandes distancias, ó sea el metamorfismo normal, sin necesidad de apelar á temperaturas fabulosas.

Por otro lado, se comprende que las masas minerales á cierta profundidad deben hallarse penetradas de agua á la manera de esponjas atendida la mucha que circula en el interior del globo, y á la no escasa cantidad que procede de su interior. Esta circunstancia, auxiliada poderosamente del calor y de la presion, facilita extraordinariamente la penetracion ó imbibicion de los gases á cuya presencia se deben, á no dudarlo, muchas reacciones y combinaciones químicas que experimentan las rocas en las singulares trasformaciones á que se hallan sujetas.

Hay que tener en cuenta tambien, que las Arcillas contienen, con frecuencia, cantidades notables de Potasa, Cal, Magnesia y otras bases para poder explicar la presencia del Feldespato, de cristales de Macla, de Chiastolita y de otras especies minerales en ciertas rocas metamórficas por la accion combinada del agua y la presion, sin necesidad de apelar á la introduccion de elementos extraños. Y como muchas veces estos cambios se notan á la inmediacion de rocas feldespáticas, cuya descomposicion suministró muchas de las sustancias indicadas, resulta que la reconstruccion de dichas especies es una compensacion de aque-

lla. Se ha observado tambien que el agua de cantera que llevan las rocas basta muchas veces á explicar todas estas reacciones, cuando intervienen altas temperaturas.

Delesse en su excelente Tratado sobre el Metamorfismo (1), se declara partidario de esta doctrina, confirmando con repetidos ejemplos y experimentos que no hay necesidad de temperaturas muy elevadas para darse razon de tan singulares trasformaciones.

No se crea, sin embargo, que ninguno de estos geólogos niegue la influencia del calor en la produccion de los fenómenos que caracterizan el metamorfismo; lo único que combaten es la exageracion de esta fuerza á la que no quieren considerar como agente exclusivo.

De modo, que el metamorfismo es la trasformacion de las rocas neptúnicas, y tambien á veces de las eruptivas en otras diferentes, determinada por la influencia del calor solo ó combinado con la accion del agua, de la presion y de ciertos agentes químicos, y hasta de la electricidad ó magnetismo terrestre, si bien el modo de obrar de este nos es poco conocido.

Calor.—De que el calor sea uno de los agentes poderosos del metamorfismo no puede dudarse, fijando un momento la atencion en los cambios que experimentan las Arcillas, las Areniscas, las Pizarras y hasta el Carbon mismo en las minas incendiadas de Ulla; hasta el punto que Delesse considera estas trasformaciones como verdadera introduccion al metamorfismo de las rocas volcánicas, en el cual obran tambien la presion, el agua y los gases ácidos procedentes del interior del globo.

Por la influencia de este agente, las Piritas, segun Delesse, pierden el Azufre; el hidróxido de hierro, el Agua; y el carbonato de Hierro, el ácido carbónico: los combustibles pierden el Agua y las materias volátiles, dando por resultado un esqueleto de Carbon, ó lo que por otro nombre se llama Cok. Las rocas calizas se privan por el calor del ácido carbónico, reduciéndose á Cal viva: si son margosas pueden entrar en fusion. El Yeso se convierte en Cal sulfatada anhidra; de manera, que el contacto de una roca ígnea puede explicar su conversion en Anhidrita. Las rocas silíceas son tanto menos fusibles, cuanto mayor es la proporcion de Sílice; cuando se consigue la fusion suministran un vidrio ó escoria mas ó menos cristalina; disminuye su densidad, y se dejan atacar por los Álcalis. Por último, la operacion llamada *Temple* en la

(1) Études sur le Métamorphisme des roches par M. Delesse.—Un tomo en 8.º—París 1858.

fabricacion del Acero, confirma plenamente lo que acabamos de indicar supuesto que en ella el Hierro adquiere propiedades físicas muy diferentes de las suyas propias, con solo sujetarlo á cambios bruscos de temperatura.

Pero este agente en la mayoría de los casos, obra dentro de límites bastante reducidos; pues como hace notar el Sr. Delesse, si suponemos temperaturas muy elevadas, determina cambios diferentes de los que vemos en las rocas metamórficas. Así, por ejemplo, si suponemos á una masa eruptiva dotada de 400° de calor por proceder de la profundidad de 13 kilómetros, en relacion con rocas combustibles, en vez de aumentar la cantidad de materias volátiles convirtiéndolas de Lignito en Antracita ó Grafito, las reducirá por el contrario á Cok. Por otra parte, si reflexionamos que muchos combustibles ofrecen señales de metamorfismo normal, sin que se conozca hasta el dia la verdadera causa de su trasformacion, como se observa en muchos puntos de los Alpes en que la Ulla se ha convertido en Antracita; y se tiene en cuenta además, que las sustancias que como la Arcilla, el Hidróxido de hierro, la Barita sulfatada, el Cuarzo y algunos carbonatos acompañan á los combustibles en el punto de contacto con las rocas eruptivas, todas son producto de imbibicion y de orígen ácueo, se verá confirmada la idea de que una temperatura mas baja basta para darse razon de la estructura prismática que casi siempre ofrecen los combustibles metamórficos; teniendo que buscar los agentes que determinan los cambios químicos en el flujo ó influencia de las aguas termales de que se hallan empapadas todas las rocas en el interior del globo. Estas aguas, por medio de las sustancias salino-alcalinas que llevan en disolucion, pueden privar á los combustibles de las materias ácidas y bituminosas, aumentando proporcionalmente su riqueza en Carbon.

Agua.—La influencia del agua es eficaz así en la formacion como en la metamórfosis de las rocas. Con efecto, este agente á medida que profundiza en el interior del globo, aumenta gradualmente su temperatura, y con ella tambien el número de sustancias que lleva en disolucion; de consiguiente, puede reaccionar física y químicamente sobre las rocas que penetra, determinando cambios en sus caractéres exteriores y hasta en su propia naturaleza. De manera, que por filtracion ó imbibicion favorecida por una temperatura elevada, puede formar hasta minerales nuevos en el seno de las rocas. Además, el agua penetrando en su masa les comunica cierta plasticidad, que no solo cambia su estado físico, sino que favorece las reacciones químicas. La Arcilla, por ejem-

plo, es dura, seca y susceptible de tomar el aspecto pulverulento cuando se halla privada del agua; mientras que humedecida es plástica, blanda y tenaz: lo mismo se observa en todas las piedras como la Molasa, las Calizas y hasta el Granito mismo, que son blandas y fáciles de tallar cuando salen de la cantera, duras y friables al cabo de algun tiempo de exposicion al aire libre. De manera, que toda roca, sea ó no fusible, cuando se impregna de agua sufre cierto reblandecimiento y hasta puede hacerse plástica; circunstancia que auxiliada por el calor y la presion puede determinar cambios muy profundos en las rocas.

Presion.—Tampoco puede dudarse de que la presion, particularmente auxiliada del calor, ha influido poderosamente en el metamorfismo de las rocas recordando el experimento de Hall, y si se reflexiona en el peso considerable que sufren las capas de tierra á cierta profundidad, y en la fuerza enorme que las ha elevado del fondo en el levantamiento de las montañas &c. Lyell cita un experimento muy curioso que demuestra hasta qué punto es poderosa esta accion; reducido á que cuando se somete á una fuerte presion el polvo de Grafito, se consigue darle la misma cohesion que ofrece este mineral. Además, la presion poniendo en contacto íntimo á determinadas sustancias, facilita poderosamente el juego recíproco de las afinidades y de las acciones moleculares. De consiguiente, hay que tener en cuenta, al querer explicar las alteraciones que observamos en las rocas metamórficas, la influencia de un agente que no solo puede modificar los caractéres físicos, sino que hasta facilita, por lo menos, la formacion de combinaciones nuevas.

Emanaciones gaseosas.—Aunque dependientes de la combinacion de las tres causas anteriores, las emanaciones gaseosas, ácidas ó alcalinas que proceden del interior del globo, ejercen igualmente una accion muy poderosa sobre las rocas; bastando fijar un momento la atencion en lo que se observa en los inmensos laboratorios de los volcanes activos, de los Azufrales y hasta en los Sofionis, para convencerse de esta verdad. Allí se ven al lado de rocas descompuestas por la reaccion química determinada por emanaciones gaseosas, otros productos muy curiosos de esta accion, entre los cuales figuran el Azufre, el Yeso, la Alunita ó roca de Alumbre y muchos otros.

Bajo la variada y poderosa influencia de estos agentes auxiliados de corrientes electro-magnéticas, las rocas experimentan las singulares trasformaciones que hemos indicado en la descripcion de las llamadas metamórficas, y las que daremos á conocer al tratar de los combustibles, pues tambien estos ofrecen epigénesis. Entre estas modificaciones

las que solo se refieren á la textura, color y aspecto de las masas minerales son fáciles de comprender, y hasta se pueden explicar sin dificultad por la influencia de las mencionadas causas. La cuestion se presenta mas árdua, cuando en virtud de reacciones químicas se cambia completamente la naturaleza de una roca, ó se encuentran en su masa especies minerales extrañas á su composicion. Estas trasformaciones mas complejas, y entre las cuales ya quedan explicadas algunas como la de las rocas calizas en Yesos, han merecido nombres especiales como *Yesificacion*, *Dolomisacion*, *Silicificacion*, *Feldespatisacion &c.* Entre estas operaciones, las dos primeras se refieren á la sustitucion casi completa de unos elementos por otros; mientras que en las dos últimas solo se verifica, en general, la penetracion en las rocas de la Sílice ó del Feldespato en mayor ó menor escala, como se observa en las calizas lacustres silíceas, y en particular en el Silex molar ó Moleña, en el Gneis, en las Pizarras y en otras. Los fósiles puede decirse que representan un caso extremo de epigénesis de la materia orgánica en mineral, á la que se da el nombre de *Fosilisacion*, ya sea la Cal carbonatada, la Sílice, el Hierro ó cualquiera otra la sustancia que la determina.

La Yesificacion, refiriéndola á las rocas metamórficas, se reduce á la sustitucion de un átomo de carbonato de Cal por otro de sulfato de la misma base, por el singular mecanismo que dimos á conocer en el artículo yacimiento de la especie Yeso.

En la Dolomisacion, un átomo de carbonato de Magnesia ha reemplazado á otro átomo de carbonato de Cal que se desaloja. Esta operacion química la puso en claro el ilustre Haindinger, Presidente de la Comision del mapa geológico del imperio austriaco, por medio de un experimento muy ingenioso dispuesto del modo siguiente: colocó, á imitacion de Hall, en un cañon de escopeta ó fusil herméticamente cerrado,una mezcla de sulfato de Magnesia y carbonato de Cal, y habiéndola sujetado á la temperatura de 200° bajo la presion de 15 atmósferas, dió por resultado al cabo de algun tiempo, dos sustancias diferentes, de las cuales la una presentó la misma composicion que la Dolomia, y la otra la del Yeso anhidro ó Karstenita. Las reacciones que en este caso se verificaron fueron las siguientes: parte del ácido del carbonato de Cal se combinó con la Magnesia, dando orígen al carbonato de Magnesia que subsistió combinado con el carbonato de Cal que estaba en exceso: el ácido sulfúrico, habiendo quedado libre de la Magnesia, se combinó con la Cal, y formó el sulfato anhidro ó Anhidrita.

Este experimento explica la casi constante asociacion de los Yesos

y Dolomias entre sí, y con las rocas básicas ricas en Magnesia; así como el aumento de volúmen que la sustancia adquiere cuando pasa de carbonato á sulfato de Cal, nos da razon de las dislocaciones y trastornos que generalmente se observan en el criadero de estas sustancias. La Dolomisacion y la Yesificacion que casi son simultáneas, se cree hoy ser debidas á la influencia de emanaciones de sulfato magnésico obrando sobre rocas calizas, á la proximidad de masas eruptivas ricas en Magnesia.

En cuanto á la Feldespatisacion, se explica unas veces por la penetracion en las rocas de los ácidos y álcalis constitutivos del Feldespato; y mas comunmente por las reacciones que se verifican en el seno de masas minerales que ya anteriormente contenian los indicados elementos; reacciones verificadas bajo la influencia combinada del calor, de la presion y del agua. Estas operaciones son, en verdad, algo difíciles de explicar, pero no por esto menos ciertas y positivas en sus resultados; siendo hoy la Feldespatisacion un hecho generalmente admitido por los químico-geólogos mas distinguidos.

En la fabricacion del Acero hay dos operaciones que pueden ilustrarnos poderosamente en esta especie de metamorfismo, que puede llamarse químico. Con efecto, el Acero es un compuesto de Hierro y Carbon en determinadas proporciones; y se obtiene quitando Carbon al Hierro de fundicion por medio del calor, y es el Acero de forja; ó bien haciendo que el Hierro se penetre de la cantidad conveniente de aquel, lo cual se consigue poniendo á estas sustancias en contacto y elevando la temperatura hasta cierto grado. En ambos casos el Acero es la epigénesis del Hierro determinada por la sustraccion ó la penetracion de un elemento extraño; circunstancia que varía no solo las condiciones físicas, sino tambien su composicion íntima.

La formacion de los nódulos silíceos ó calizos que se encuentran en determinados terrenos, así como el de los de Pedernal de la Creta son igualmente epigénesis de las rocas, determinadas por todas las causas indicadas, entre las cuales es muy posible que las corrientes magnéticas terrestres hayan ejercido grande influencia. Lo mismo puede decirse del orígen de la Moleña, de los Hierros pisolíticos &c. Para tener una idea de los hechos principales sobre que se ha fundado el metamorfismo, véase la lámina 13 del Atlas, copiada de una de las que ilustran el excelente Tratado del Sr. Delesse (1).

(1) Los que deseen mas datos sobre tan importante materia, pueden consultar esta obra, y además las muchas Memorias publicadas en el Boletin de la sociedad geológica de Francia, y la Química geológica del Sr. Bischoff.

TERCERA CLASE.

Rocas de orígen orgánico.

La consideracion de la procedencia, es lo único que nos inclina á formar de estas rocas una clase aparte; pues todos sus caractéres son de productos neptúnicos y como tales figuran en casi todas las obras.

Las rocas de esta clase se dividen en dos órdenes, que son, el de las procedentes del reino animal, y el de las combustibles ó de orígen vegetal.

PRIMER ÓRDEN.

Rocas de procedencia animal.

En este órden colocamos todos los productos de la accion, ó de la destruccion de ciertos animales que generalmente hablando, pertenecen á los últimos tipos de la escala, así por su organizacion, como por su tamaño, que casi siempre es microscópico. Se divide en dos géneros representados por la Caliza orgánica, si se permite decirlo así, que comprende la formada por los *Zoofitos* saxógenos y la Creta en la parte que resulta de la destruccion de los foraminíferos indicados, y por el Silex que abraza el Pedernal y el Trípoli, que como dijimos, podian reconocer, en parte, un orígen animal.

Sirvan estos detalles para hacer inteligible el cuadro de la clasificacion de las rocas; pues por lo demas, habiendo ya descrito en los artículos correspondientes todas estas especies, nos excusamos repetir la enumeracion de sus caractéres.

SEGUNDO ÓRDEN.

Rocas combustibles.

Las rocas combustibles, llamadas así por uno de sus caractéres fundamentales, son resultado de la fosilisacion de las plantas que se encuentran en los terrenos de sedimento, y ofrecen caractéres comunes que sirven para distinguirlas de las demas.

Caractéres generales.—Todas las rocas de este grupo, arden á una temperatura poco elevada, de cuya circunstancia depende el nombre que llevan: al quemarse despiden un olor muy marcado, generalmente

bituminoso: son además tiernas, frágiles y muy ligeras, excediendo su peso apenas vez y media el del agua.

Yacimiento.—Los combustibles se encuentran en toda la série de terrenos de sedimento, desde los mas antiguos metamórficos en donde empiezan por el Grafito y Diamante, hasta la época actual representados por la Turba.

En los combustibles se notan ciertas relaciones importantes que conviene conocer. Así, por ejemplo, la proporcion de Carbono aumenta con la edad; ofreciendo la Antracita el máximum, y la Turba el mínimum. Los elementos bituminosos ocupan el término medio, ofreciendo su mayor desarrollo en la Ulla que forma el centro de la série de estas rocas; y su cantidad disminuye, á medida que nos apartamos de ella, ora sea hácia los combustibles mas antiguos, ora por el contrario, hácia los modernos.

La proporcion de Oxígeno en estas rocas aumenta á medida que se hacen mas modernas, hasta llegar á la Turba en la que se ven muchas plantas que viven hoy dia. En suma, las rocas combustibles se apartan tanto mas de la composicion de las plantas actuales, cuanto mas antiguas son; y como esta separacion se hace de un modo lento y por tránsitos insensibles, no puede ponerse en duda su procedencia vegetal. El adjunto cuadro, copiado del que publicó el Sr. Regnault en su *Tratado de Química*, aclarará todas estas relaciones importantes.

Division.—Las condiciones particulares á que estuvieron sometidas las materias que dieron orígen á las rocas combustibles, han producido los mismos resultados que la incineracion y destilacion de los vegetales, á saber: *Resinas*, *Betunes* y *Carbones;* de aquí, su division en tres géneros: 1.° el de las rocas resinosas; 2.° el de las bituminosas, y 3.° el de las carbonosas ó Carbones minerales, propiamente dichos. Forzoso es declarar, sin embargo, que esta clasificacion muy propia de un libro didáctico, no se encuentra del mismo modo en la naturaleza en la que se confunden recíprocamente todos estos productos, siendo comunes con frecuencia las relaciones geognósticas que las unen.

Hay que tener en cuenta, además, para persuadirnos de esta verdad, los tránsitos que se notan á veces entre unos combustibles y otros y la trasformacion que casi todos ellos experimentan al contacto ó proximidad de rocas eruptivas.

PERÍODOS geológicos.	CLASES á que pertenece el combustible.	SITIOS de donde procede.	NATURALEZA DEL COK y OBSERVACIONES VARIAS.
TERRENOS PRIMARIOS.	I. Antracitas.	Pensilvania..	Se encuentra en una Pizarra arcillosa primaria; fractura vítrea, Cok pulverulento.....
		País de Gales.	En la parte inferior del terreno de Ulla; fractura vítrea y concóidea, Cok pulverulento.....
		Mayena.....	En Pizarras arcillosas primarias; fractura vítrea y concóidea, Cok incoherente.....
		Rolduc.....	En la parte inferior del terreno de Ulla; lustre vítreo, pero textura hojosa; Cok ligeramente aglutinado.....
	II. Ullas grasas y duras.	Alais (Rochebelle).....	Arenisca carbonífera; fractura desigual, Cok metaloideo algo poroso.....
		Rive-de-Gier (P. Henri)..	Arenisca carbonífera; fractura pizarrosa, Cok metaloideo y esponjoso.....
	III. Ullas de forja.....	Rive-de-Gier 1.	Terreno de Ulla; color negro, lustre craso; Cok metaloideo muy esponjoso.....
		Rive-de-Gier 2.	Terreno de Ulla; color negro puro, fractura mas pizarrosa; Cok algo menos entumecido.....
		Newcastle...	Terreno de Ulla; buen color negro, fractura pizarrosa y prismática; Cok esponjoso.....
	IV. Ullas grasas de llama larga.....	Flenu de Mons. 1....	Terreno de Ulla; fragmentos romboidales; Cok esponjoso.
		Idem. 2.....	Terreno de Ulla; facetacion romboidal menos marcada; Cok ahuecado y ligero.....
		Rive-de-Gier (cementerio) 1.	Terreno de Ulla; lustre débil; textura pizarrosa; Cok esponjoso, pero menos brillante..
		Idem. 2.....	Como el anterior.....
		Rive-de-Gier Gouzon. 1..	Terreno de Ulla; lustre mas vivo, textura muy pizarrosa; Cok como el anterior...
		Idem 2.....	Terreno de Ulla; lustre muy apagado, fractura desigual y no pizarrosa; Cok menos esponjoso .....
		Lavaysse. ..	Terreno de Ulla; lustre vivo, fractura concóidea; Cok entumecido y ligero.....
		Lancashire..	Terreno de Ulla; *cannel-coal* de los ingleses, sin lustre, fractura concóidea; Cok en estado de frita y brillante...
		Epinac.....	Terreno de Ulla; lustre vivo, textura pizarrosa; Cok metaloideo aglutinado y poco entumecido.....
		Commentry.	Terreno de Ulla; parecido al *cannel-coal*, fractura concóidea; Cok metaloideo en estado de frita.....
	V. Ullas secas de llama larga.....	Blanzy.....	Terreno de Ulla; fractura laminosa, lustre vivo; Cok poco agregado, pero no entumecido.....

Densidad.	COK dado por la calcinacion.	COMPOSICION ELEMENTAL. Carbono.	Hidrógeno.	Oxígeno y ázoe.	Cenizas.	COMPOSICION CALCULADA, DEDUCIENDO LAS CENIZAS. Carbono.	Hidrógeno.	Oxígeno y ázoe.
1,462	89,5	89,21	2,43	3,69	4,67	93,59	2,55	3.86
1,348	91,3	91,29	3,33	4,80	1,58	92,76	3,38	3,86
1,367	90,9	90,72	3,92	4,42	0,94	91,58	3,96	4,46
1,343	89.1	90,20	4.18	3,37	2 25	92,28	4.28	3 44
1,322	77,7	88,05	4,85	5,69	1,41	89,31	4,92	5,77
1,315	76.3	86,65	4,99	5,49	2,96	89,29	5,05	5,66
1,298	68,5	86,25	5,14	6,83	1,78	87,82	5,23	6,95
1,302	69,8	86,59	4,86	7,11	1,44	87,85	4,93	7,22
1,280	»	86;75	5,24	6,61	1,40	87,97	5.31	6,72
1,276	»	83,51	5,29	9,10	2,10	85,30	5,40	9,30
1,292	»	82,72	5,42	8,18	3,68	85,88	5,63	8,49
1,288	70,9	80,92	5,27	10,24	3.57	83,91	5,46	10,63
1,294	69,1	83,67	5,61	7,73	2,99	86,25	5,77	7,98
1,298	64,6	81,45	5,39	10.24	2,72	83,73	5,75	10,52
1,311	65,6	80,59	4,99	9,10	5,32	85,12	5,27	9,61
1,284	57,9	81,00	5,27	8,60	5,13	85,38	5,56	9,06
1,317	57,9	82,60	5,66	9,19	2,55	84,63	5,85	9,52
1,353	62,5	80,01	5,10	12.36	2,53	82,08	5,23	12,69
1,319	63.4	81,59	5.29	12,88	0,24	81,79	5.30	12,91
1,362	57,0	75,43	5,23	17,06	2,28	77,19	5,35	17,46

PERÍODOS geológicos.	CLASES á que pertenece el combustible.	SITIOS de donde procede.	NATURALEZA DEL COK y OBSERVACIONES VARIAS.
TERRENOS SECUNDARIOS. Piso inferior.	Antracitas...	Lamure.....	Terreno jurásico; negro agrisado, lustre vítreo, fractura concóidea; Cok pulverulento.....
	»	Macot.....	Terreno jurásico; negro agrisado, lustre vítreo; Cok pulverulento.....
	Ullas.....	Obernkirchen	Terreno jurásico; aspecto de las Ullas grasas; Cok metaloideo y esponjoso.....
	»	Ceral.....	Margas de la Oolita inferior; aspecto de las Ullas de llama larga; Cok metaloideo y poroso ó en estado de frita....
	»	Noroy.....	Margas irisadas; negro mate, fractura desigual; Cok no aglutinado.....
Piso superior.	Azabache....	Saint-Girons.	Arenisca verde; muy brillante y de fractura concóidea; Cok metaloideo aglutinado.....
	»	Belestat.....	Arenisca verde; muy brillante, de fractura concóidea; Cok como el anterior.....
TERRENOS TERCIARIOS.	I. Lignitos perfectos...	Dax.....	De hermoso color negro, fractura desigual, sin textura leñosa; Cok no aglutinado.....
		Bouches-du-Rhone.....	Pizarroso, negro puro y brillante, sin textura leñosa; Cok no aglutinado.....
		Monte-Meisner.....	Brillante, de fractura concóidea; Cok algo aglutinado.....
		Bajos-Alpes..	Color negro, lustre craso; Cok ligeramente entumecido...
	II. Lignitos imperfectos.	Grecia.....	Hojoso, negro mate, señales de organizacion vegetal; Cok no aglutinado.....
		Colonia.....	Tierra de sombra, friable y da polvo pardo rojizo, textura leñosa; Cok no aglutinado.....
		Usnach.....	Madera fósil, textura de madera, muy dura.....
	III. Lignitos que pasan á betun.....	Ellebogen....	Compacta, homogénea, fractura concóidea; Cok metoloideo muy ligero.....
		Cuba.....	Negro aterciopelado, lustre craso; Cok esponjoso muy ligero.....
	IV. Asfalto..	Méjico.....	Negro muy brillante, olor muy fuerte; fusible antes de 100°; Cok muy entumecido.....
Formacion contemporánea.	Turbas.....	Vulcaire.....	Muy alterada, pero con restos vegetales.....
		Long.....	Parecida á la anterior.....
		Champ-du-Feu.....	Menos alterada que las anteriores, aunque con pocos restos vegetales.....
	Madera.....	»	Composicion media.....

Densidad.	COK dado por la calcinacion.	COMPOSICION ELEMENTAL. Carbono.	Hidrógeno.	Oxígeno y ázoe.	Cenizas.	COMPOSICION CALCULADA, DEDUCIENDO LAS CENIZAS. Carbono.	Hidrógeno.	Oxígeno y ázoe.
1,362	89,5	88,54	1,67	5,22	4,57	92,78	1,75	5,47
1,919	88,9	70,51	0,92	2,10	26,47	95,90	1,25	2,85
1,279	77,8	88,27	4,83	5,90	1,00	89,16	4,88	5,96
1,294	53,3	74,35	4,74	10,05	11,86	83,40	5,32	11,28
1,410	51,2	62,41	4,35	14,04	19,20	77,25	5,38	17,37
1,316	42,5	71,94	5,45	18,53	4,08	75,02	5,69	19,29
1,305	42,0	74,38	5,79	18,94	0,89	75,06	5,84	19,10
1,272	49,1	69,52	5,59	19,90	4,99	73,18	5,88	21,14
1,254	41,1	63,01	4,58	18,98	13,43	72,78	5,29	21,93
1,351	48,5	70,73	4,85	22,65	1,77	72,00	4,93	23,07
1,276	49,5	69,05	5,20	22,74	3,01	71,20	5,36	23,44
1,185	38,9	60,36	5,00	25,62	9,02	66,36	5,49	28,15
1,100	36,1	63,42	4,98	27,11	5,49	66,04	5,27	28,69
1,167	»	55,27	5,70	36,84	2,19	56,50	5,83	37,67
1,157	27,4	72,78	7,46	14,80	4,96	76,58	7,85	15,57
1,197	39,0	74,82	7,25	13,99	3,94	77,88	7,55	14,57
1,063	9,0	78,10	9,30	9,80	2,80	80,34	9,57	10,09
»	»	56,25	5,63	32,54	5,58	59,57	5,96	34,47
»	»	57,29	5,93	32,17	4,61	60,06	6,21	33,73
»	»	57,00	6,11	31,56	5,33	60,21	6,45	33,34
»	»	49,60	5,80	42,56	2,04	50,62	5,94	43,44

PRIMER GÉNERO.—*Resinas.*

Especie única.—Succino.

Sinonimia.—Ambar amarillo, *Karabé*, *Bernstein* y *Electrum* de los antiguos.

Aunque en rigor la sustancia que representa el primer género de los combustibles no merece el nombre de roca, atendida su escasa importancia en Geología, hacemos una indicacion para armonizar el cuadro de la clasificacion de rocas, y completar la descripcion de todos los materiales que entran en la composicion de los combustibles en general.

Definicion.—El Succino ó Ambar amarillo, que conviene no confundir con el gris, producto ambiguo animal, es una verdadera Resina fósil, compuesta de Carbono, Hidrógeno, Oxígeno y cenizas alcalinas en proporciones diversas; su peso es próximamente 1,7, tomando el agua destilada por unidad de medida; el brillo es resinoso; su coloracion recorre todas las tintas imaginables desde el amarillo anaranjado, semitrasparente y blanquecino, hasta el verde manzana, el rojizo, el verde aceituna y negro completamente opaco; notándose una coincidencia curiosa entre estos colores y la proporcion de ácido succínico que forma parte esencial de su naturaleza. A una temperatura no muy elevada, arde con una llama amarillenta, esparciendo un perfume agradable del que tanto partido sacaron los antiguos; su combustion deja un resíduo carbonoso. El carácter que mas distingue á esta sustancia es el gran desarrollo de la electricidad llamada resinosa ó negativa, que produce por el simple frote. Por último, y en confirmacion de su orígen orgánico, presenta con frecuencia encerrados en su masa muchos insectos fósiles en un estado admirable de conservacion, y tambien á veces fragmentos de hojas y tallos.

Yacimiento.—El Ambar amarillo se encuentra casi siempre asociado con el Lignito en toda la série de los terrenos terciarios, principalmente en el *nummulítico* y en el *cretáceo.*

Localidades extranjeras.—Los principales puntos de donde procede el que se consume en el comercio, son las costas de Prusia en el Báltico entre Kœnigsberg y Mémel, trasportado del interior, por las aguas corrientes. Tambien se encuentra en las costas de la Escandinavia, y en Sicilia es notabilísimo el que procede de Pietralia, por la riqueza y

variedad de sus colores; y por haber encontrado en el Lignito que allí se explota un tronco de Pino con fragmentos de esta sustancia pegados á él, poniendo así en claro su orígen, y rebatiendo, en consecuencia, las extravagantes opiniones que se inventaron para explicarle. (1) En Francia se encuentra en Saint-Paulet (Gard), en Noyer cerca de Gisors, en Villers en Prayer no lejos de Soisson, en Auteuil (París), y en otros puntos.

Localidades españolas.—En España se encuentra en Utrillas (Aragon), en donde toma el aspecto de una Resina asfalto; en Rubielos de Mora; en Suances (Santander); en Asturias, en Villaviciosa, Veloncio y Arenas de Val de Soto no lejos de Oviedo. Procedente de la provincia de Castellon, he visto y poseo ejemplares de Ambar, en fragmentos empotrados en el Lignito mismo que se explota en Espadilla.

Aplicaciones.—En cuanto á las aplicaciones de esta sustancia son numerosas, destinándola unas veces á los experimentos mas delicados de Física; otras á perfumes muy gratos, echándola en polvo sobre las ascuas; tambien se emplea para objetos de adorno como botones y gemelos, pendientes, puños de bastones, cajas de rapé, frasquitos para esencias &c., y muy particularmente para boquillas y pipas. Catania en Sicilia y varios puntos en Prusia, son los centros principales de fabricacion.

La riqueza de colores en el Ambar de Sicilia es tal, que el célebre Abate Ferrara, llegó á reunir hasta ochenta y tantas variedades de tintas diferentes; série única en su género que adquirió la Universidad de Palermo, en donde se conserva en la actualidad. La coleccion que traje de Catania, y deposité en el Gabinete de la Historia natural de esta córte, consta de 37 fragmentos de colores los mas caprichosos.

SEGUNDO GÉNERO.—*Betunes.*

Especie única.—Asfalto.

Sinonimia.—Betun de Judea, Betun glutinoso, Pissasfalto, Bálsamo de Momias &c.

Definicion.—El Asfalto ó Betun de Judea es una sustancia negruzca,

(1) Los antiguos habitantes del N. llamaban al Ambar, lágrimas de Apolo, al llorar la muerte de su hijo Esculapio. Otros lo consideraban como lágrimas de las hermanas de Faeton; algunos lo han creido exhalacion terrestre, endurecida por el Sol &c.

frágil, de fractura vítrea, concóidea, algo parecida á la de la Ulla; arde con facilidad despidiendo una llama brillante; deja poco resíduo. Funde á la temperatura del agua hirviendo; por destilacion seca suministra un aceite particular, muy poca agua, gases combustibles y vestigios de Ammoniaco; contiene á veces en su masa una porcion de materias extrañas, arcillosas, calizas ó arenáceas. Su peso es 1 ó 1,6.

Yacimiento y localidades.—El principal depósito de esta sustancia es el mar Muerto, el Caspio, y el Aral, en cuyas aguas se encuentra sobrenadando en gran cantidad. Otras veces impregna ciertas rocas de los terrenos terciarios y cretáceos, como sucede en Seissel, Lobsan y otros puntos en Francia: en Val de Travers (Suiza), en Oued Cheniour (Argel), &c.

Localidades españolas.—En España, segun Rojas Clemente, se encuentra en las Cuevas de la Pez, de las Parras y del Peñon colorado, cerca de Bayarque, en Tíjola, Cobdar y otros puntos del antiguo reino de Granada. En Torrelapaja (Zaragoza), se halla impregnando una Arenisca blanda de grano fino del terreno cretáceo en relacion con el Lignito del barranco de Valle hermoso, dando lugar á la explotacion que lleva el nombre de *Mina de Santa Teresa*. Tambien se encuentra y se explota hoy en Vasconcillos, cerca de Burgos, penetrando una Arenisca de cuya masa, forma hasta el 17 por 100. Igualmente se le ve y se beneficia en Cidores, Villavierzos, Fuente Toba, Toledillo y Hierros, á una y media y dos leguas de Soria. Por último, segun el ingeniero Kith, se halla en el soto de Doña Ana, junto á Sanlúcar de Barrameda.

Aplicaciones.—Los egipcios se servian del Asfalto para embalsamar los cadáveres, y de aquí el nombre de Bálsamo de momias que lleva: posteriormente se ha empleado y se sigue destinando para la preparacion de los colores y barnices; por último, mezclándolo con cierta cantidad de arenas, adquiere gran consistencia y reemplaza á las baldosas en las aceras y hasta en el pavimento. Cuando el Asfalto se halla impregnado de Arenas ó Areniscas y Pudingas flojas, se puede emplear directamente, añadiendo en caso, Asfalto puro ó Pez, cuando las materias terrosas predominan. Tambien sirve el Asfalto en la construccion, particularmente para revestimientos en sitios húmedos.

Betun elástico, Nafta y Petróleo.

Las demas sustancias comprendidas en este género por su naturaleza, y accidentes particulares, se presentan en tan excasa cantidad

que no merecen una descripcion especial, siendo mas bien objeto de un tratado peculiar de Mineralogía. De paso debo decir, sin embargo, que tanto estos como los demas Betunes, ofrecen la particularidad de presentarse unas veces en relacion con las rocas carbonosas, en cuyo caso proceden de su destilacion; mientras que otras su orígen es mas misterioso encontrándose en las superficies de las aguas en ciertos lagos, y no lejos de los centros volcánicos, como se ve en el lago Naftia entre Caltagirone y Catania (Sicilia), en el mar Muerto y en otros puntos. El Sr. Maestre en su descripcion geológica de Cataluña dice, que muchas Calizas cretáceas de las faldas del Pirineo contienen Petróleo.

TERCER GÉNERO.—*Carbones.*

Entramos, por fin, en el grupo verdaderamente importante de las rocas combustibles, al cual corresponden de hecho las consideraciones generales que encabezan este artículo, relativas á la composicion, relaciones geológicas &c. Sus diferentes especies se distinguen por los caractéres propios, por las asociaciones geognósticas y por la edad relativa de los terrenos en que se encuentran. En esta triple consideracion se funda la division del género en cinco especies, que son: 1.ª Turba; 2.ª Lignito; 3.ª Ulla; 4.ª Antracita, y 5.ª Grafito y Diamante.

Partiendo de la Turba como la que mas nos puede ilustrar, por formarse todavía en la actualidad, se nota que á medida que nos alejamos de este tipo, los combustibles van perdiendo sucesivamente el caracter orgánico primitivo, al paso que el peso específico aumenta, y la mineralizacion ó trasformacion en materia inorgánica va siendo mas acabada y perfecta.

Primera especie.—Turba.

La Turba es el combustible menos mineral de los del grupo ó género, y el que participa en el mas alto grado de la naturaleza vegetal. Es una sustancia parda ó negruzca, de aspecto homogéneo, formada, al parecer, de un tejido mas ó menos compacto de restos de plantas parecido al fieltro; arde con facilidad unas veces con llama, otras sin ella; en la combustion despide un humo denso y abundante como el que resulta de la quema de hojas secas, y deja una brasa ó cisco muy ligero; por destilacion suministra el ácido piroleñoso, una materia oleosa y varios gases.

Segun Wiegmann, la Turba de Brunswick, consta de los cuerpos siguientes:

Ulmina	276,00
Cera	62,00
Resina	48,00
Betun	90,00
Carbon térreo	452,00
Agua	54,00
Cloruro cálcico	0,15
Sulfato cálcico	2,80
Sílice y Arena	7,20
Alúmina	0,80
Hierro y Fósforo	2,65
Carbonato cálcico	4,40
	1000,00

Klaproth obtuvo de la Turba del condado de Mansfeld, por destilacion las materias siguientes:

1.° Productos sólidos..	Carbon	24, 0	40,5
	Sulfato cálcico	2, 5	
	Peróxido de Hierro	1, 0	
	Alúmina	0, 5	
	Arena silícea	12, 5	
2.° Productos líquidos..	Agua cargada de ácido piroleñoso	12, 0	42,0
	Aceite empireumático	30, 0	
3.° Productos gaseosos.	Acido carbónico	5, 0	17,5
	Óxido de Carbono é Hidrógeno carbonado	12, 5	

Si se observan los productos obtenidos, se verá que son los mismos que los que suministran las maderas, variando tan solo las proporciones.

Variedades.—*Compacta* ó *piciforme* de color pardo, sólida, de aspecto homogéneo y de fractura térrea, resinosa, y á veces brillante; *fibrosa*, parecida al filtro, es decir, compuesta de un tejido de fibras y otros restos vegetales.

Yacimiento.—La formacion de la Turba data del período cuaterna-

rio, y adquiere su mayor desarrollo en la época histórica que empieza á contarse desde el último movimiento geológico que dió á la superficie terrestre el aspecto y configuracion actual.

Si examinamos el corte vertical de una Turbera de bastante espesor, notamos tres modificaciones principales en el combustible, cuyo exámen puede ilustrarnos, respecto al mecanismo de su formacion. Procediendo de abajo á arriba, vemos que la parte mas inferior la ocupa una sustancia negra, homogénea, blanda, parecida por su aspecto y por el modo de conducirse en la combustion, á un Lignito terroso ó á un Betun. En la segunda zona se encuentra una materia pardusca, mas ó menos oscura, compuesta de filamentos vegetales poco distintos. Por último, en la capa mas superficial la Turba ofrece esa especie de tejido que indicamos al caracterizarla, compuesta de raices, hojas y demas restos de plantas, generalmente de organizacion poco compleja.

Además, es comun ver en las Turberas las capas ó bancos de Turba alternar con otras generalmente mas delgadas de Arenas, grava, chinas, guijarros y toda clase de materiales de acarreo; citándose en muchas huesos de animales y de hombre y hasta vestigios ó restos de su industria. Una operacion de sonda en busca de agua dió en Rotterdam el resultado siguiente:

Turba mezclada con Arcilla.....	6 m.	66 cs.
Arcilla blanquecina.....	4	66
Turba mezclada con Arcilla.....	6	
Arcilla compacta.....	4	66
—— blanquecina.....	1	33

Tampoco es raro encontrar en la masa de la Turba troncos enteros de árboles generalmente echados; y hasta se citan en algunos puntos bosques enteros, cuya existencia se explica por la accion combinada de violentos huracanes que destrozaron y arrancaron los árboles, y de depresiones y levantamientos del suelo, en puntos cercanos á las costas. En Irlanda, Holanda y Normandía (Francia), se ven estos accidentes curiosos de las Turberas, en alguna de las cuales se dice haber encontrado hasta restos de embarcaciones, áncoras &c.

La Turba, de consiguiente, es el resultado de la destruccion de las plantas que viven en determinados puntos y bajo la influencia combinada de condiciones topográficas y climatológicas.

Las plantas que mas comunmente contribuyen á la formacion de

este singular combustible, son las siguientes: los *Sphagnum cuspidatum*, *Sph. cymbilifolium* y *Sph. tenellum;* los *Hypnum fluitans*, *Hyp. aduncum* y *Hyp. revolvens;* los *Polytricum commune* y *Polyp. gracile*; la *Jungermannia sphagni*, la *Marchantia polymorpha*; la *Conferva fugacissima* y C. *bullosa*. Entre los árboles y arbustos cuyo *Leñoso* se consume generalmente en los depósitos de la Turba, y se encuentra en un estado de perfecta conservacion, son el *Pinus pumilio*, las *Betulas alba* y *nana*, el *Vaccinium uliginosum*; la *Erica vulgaris*, el *Salix repens* y la *Lonicera cærulea*. Despues de los árboles y arbustos deben citarse las *Ciperáceas* y *Juncáceas*; el *Eriophorum vaginatum* y E. *alpinum*, los *Carex ampullácea*, C. *panicea*, C. *stellulata*, C. *leporina* y C. *limosa*; el *Juncus obtusiflorus*, el J. *lamprocarpus*, y el J. *conglomeratus* &c. En cuanto á las condiciones topográfico-climatológicas, que exige la formacion de la Turba y que determinan su propio yacimiento, son los sitios bajos y pantanosos, particularmente en las inmediaciones de las costas y en las desembocaduras de los grandes rios, que por sus acarreos dan lugar á Deltas ó Alfaques. Tambien son favorables al desarrollo de la Turba las altas mesetas al nivel de las nieves perpétuas, en las grandes cordilleras de las regiones templadas; notándose un hecho muy curioso en su distribucion, y es que en los paises tropicales no existe este combustible; y en las templadas á medida que nos acercamos á las altas latitudes los depósitos pierden en espesor, lo que ganan en extension superficial que suele ser muy considerable. Lo mismo en las regiones altas que en las bajas, se necesita además, que las aguas ni estén completamente estancadas, ni demasiado corrientes; y que la temperatura media del punto sea de 6° á 8° centígrados; observándose que en las regiones frias en las que la actividad de la vegetacion disminuye, los pantanos ó budiales turbosos, disminuyen en profundidad, si bien aumenta su extension superficial.

Tambien contribuye á la formacion de la Turba la naturaleza del suelo que generalmente es arcilloso ó formado de légamo y demas materiales de acarreo, particularmente en los Deltas de los grandes rios. La razon de esto consiste, en que estas sustancias, generalmente son poco permeables y contribuyen á la estancacion del agua. El Sr. Schulz en la *Descripcion geológica de Asturias*, publicada en 1858, cita un hecho curioso, á saber: que la Cuarcita y la Arenisca cuarcitosa, como él la llama, son en tal grado propensas en aquella parte de la Península á favorecer esta formacion «que aun en las sierras que no ofrecen hoyos »ó depresiones á propósito, la misma tierra vegetal que cubre la roca

»firme, aunque no llegue á un palmo de espesor siquiera, es verdadera »Turba y útil para servir de combustible, cual se ve entre otras mu- »chas localidades en la parte arenisca de la Sierra de Tineo, y en la »pequeña sierra de Cué al S. E. de Llanes &c.» La textura compacta y fina de estas rocas, las hace bastante impermeables, y puede explicarnos este hecho singular.

En cuanto al mecanismo de esta operacion, se reduce, segun el señor Lesquereux, á la descomposicion del principio inmediato de las plantas llamado *Leñoso*, bajo la doble influencia del agua y del calor. Las plantas que principalmente contribuyen á formar la Turba, son en su mayor parte anuales, es decir, que nacen, crecen, se desarrollan y perecen en el mismo año; acumulándose por capas sucesivas las generaciones que se suceden sin interrupcion. Las plantas una vez muertas, empiezan á descomponerse ó desorganizarse, siendo las partes no leñosas, las que primero sufren la accion del agua, el aire y el calor, dando por resultado, diferentes ácidos, aceites empireumáticos y resinas, sustancias todas antisépticas que contribuyen á que se retarde la descomposicion del *Leñoso*. Sin embargo, este que al aire se conserva inalterable por siglos enteros, segun Liebig, en presencia del agua y á favor de cierta temperatura, se descompone ó entra en putrefaccion por un procedimiento singular que lo asemeja á la combustion, pues se reduce á la combinacion de su Carbono con el Oxígeno de la atmósfera, dando por resultado el ácido carbónico. Cuando por cualquier circunstancia desaparece el Oxígeno, la putrefaccion del Leñoso se suspende; y cesa la formacion de la Turba. Esta, de consiguiente, es un combustible resultado de la descomposicion de determinadas plantas, descomposicion ó combustion mas ó menos avanzada y favorecida por todas las causas indicadas. La Turba perfecta, si cabe decirlo así, se compone de la materia parda y carbonosa, resultado de la última trasformacion del Leñoso, privada ya de la propiedad de formar ácido carbónico con el Oxígeno ambiente.

Cuando esta operacion se verifica al aire libre, es mas rápida por razon del contínuo contacto del Oxígeno de la atmósfera, convirtiéndose muy pronto en Ulmina las partes constitutivas del Leñoso. Todavía es mas pronta esta descomposicion bajo la influencia de una elevada temperatura. En el agua la trasformacion de las plantas en Turba aunque mas lenta es contínua. Segun las observaciones hechas por los holandeses, y recogidas por el célebre Deluc, la cantidad de Turba que se forma cada 100 años, está representada por una capa de 66 centímetros;

de donde puede sacarse la consecuencia, teniendo en cuenta el espesor total del combustible, que la formacion de la Turba en dicho país, supone un período de tiempo de 4,000 años próximamente.

Localidades extranjeras.—Las regiones mas clásicas por la abundancia de este combustible, son: la Holanda, Irlanda, Escocia, Prusia, las costas é islas del Báltico, la Francia y las islas Maluinas. La Holanda toda parece tener su asiento sobre Turba, á cuya formacion y al Delta del Rin, Mosela, Elba y otros rios debe su existencia; la Irlanda y las islas Maluinas (Océano atlántico), colocadas bajo condiciones climatológicas y topográficas casi idénticas, son segun Coquand, una inmensa Turbera: en Francia se encuentra este combustible en las inmediaciones de Marsella, y en varias localidades de los departamentos de Calvados (Normandía), del Loira inferior, del paso de Calais, Isére &c., calculándose en 500,000 toneladas la extraccion anual de este combustible.

Localidades españolas.—En la Península se encuentra en abundancia, y se explota en la inmensa extension de los Alfaques en la desembocadura del Ebro; en los almarjales y país pantanoso que se extiende entre Torreblanca y Oropesa y en Almenara (Castellon); en Chozas de la Sierra (Madrid); en Villanueva de Oscos, el llano de Brañajoal, cerca de Castropol, entre Tineo y Salas, en la sierra de Bodenaya al O. de esta villa, y en otros puntos de Asturias, segun Schulz &c., &c.

La importancia de la Turba es tal, que no puede menos de interesar al Ingeniero y al Agricultor, no solo el conocimiento de la sustancia, sino tambien el de las señales que pueden indicar su existencia.

Por de pronto convendrá buscarla en los puntos bajos y pantanosos, así como en las regiones templadas y húmedas, cualquiera que sea su nivel sobre el del mar. Pero ya situados en una de estas comarcas, la señal mas característica de la presencia de la Turba, es cierta fluctuacion y elasticidad en el suelo, que al parecer tiembla cuando se marcha sobre él. La exploracion en este caso tiene muchas probabilidades de buen éxito; para cerciorarse y para apreciar el espesor ó potencia del combustible y sus cualidades, se puede servir de una pequeña sonda análoga á la que se emplea en los pozos artesianos, con la diferencia de su tamaño y longitud.

Aquí concluye el papel del geólogo, y empieza el del Ingeniero que se ha de encargar de la explotacion. Entrar en pormenores acerca del modo como esta se verifica; las precauciones que hay que tomar; la

preparacion que se da despues á la Turba &c., &c., sería extralimitarme del objeto de la obra (1).

Aplicaciones.—La Turba se emplea casi exclusivamente como combustible en los países en que escasea la leña. El olor desagradable y picante que despide cuando arde, y la mucha cantidad de humo que da, la hacen bastante incómoda para los usos domésticos. A pesar de estos inconvenientes, es sustancia muy apreciada en las regiones en que no poseen otros medios de contrarestar los rigores del Invierno, y en que hay que echar mano de ella para la cocina.

Hoy dia, gracias á los esfuerzos de los alemanes, se consigue por un procedimiento muy sencillo, convertir la Turba en Carbon y en verdadero Cok, con lo cual se evitan todos los inconvenientes de su combustion, y se multiplica su uso; pues se observa que el poder calorífico de este Carbon solo es un poco menor que el del vegetal ordinario.

Tambien puede servir la Turba como combustible para otros usos; para las máquinas de vapor, en las fábricas de destilacion de licores, en las salinas para favorecer la evaporacion &c.

Las cenizas, resultado de la combustion de la Turba, constituyen un abono mineral bastante eficaz, como veremos en su lugar.

Segunda especie.—Lignito.

Sinonimia.—Estipita, Madera bituminosa, Madera fósil, Braunkohle y Surturbrandur (Islandia).

Llegamos en la historia de los combustibles á una especie, que participando todavía de los caractéres de su orígen orgánico, ha adquirido ya mas propiedades minerales ó térreas, lo cual supone haber alcanzado mayor grado de descomposicion ó alteracion de su sustancia, efectos que deben atribuirse al tiempo y á las circunstancias especiales en que se formó.

Este segundo grado de mineralizacion de las sustancias vegetales es el Lignito, que considerado geológicamente, representa todos los combustibles posteriores al terreno del Carbon de piedra y anteriores á la formacion de la Turba.

Definicion.—El Lignito es una materia carbonosa de color negro ó negruzco; tierna á veces, resinosa y brillante otras; de textura térrea, fibrosa, compacta, y con frecuencia pizarrosa; su peso específico excede

(1) Consúltese para todo lo relativo á la explotacion de esta y de las otras sustancias útiles la obra de Burat titulada, *Gèologie apliquèe*, un tomo, y la de Combes, tres tomos y atlas.

en muy poco al del agua: en su composicion entran el Oxígeno, el Hidrógeno, el Ázoe, y principalmente el Carbono, con alguna parte de cenizas. El Lignito arde con una llama larga y despide bastante humo y olor bituminoso, á veces fétido y picante: en la combustion aumenta poco de volúmen y no se aglutinan sus fragmentos, carácter que lo distingue de la Ulla; el carbon que deja es análogo al cisco de tahona. Lo que mas separa á este combustible de la Ulla, con la que puede confundirse á veces por la analogía de sus caractéres exteriores, es que mientras esta cesa de arder cuando apagada la llama, se cubre de ceniza blanca; en aquel por el contrario, la combustion continúa, como sucede con el cisco. Por la destilacion, el Lignito suministra materias bituminosas y agua cargada con frecuencia de ácido acético, dejando un carbon brillante y compacto, que conserva la misma forma que la de los fragmentos que se someten á la operacion. Si á estos caractéres se agrega el de las relaciones geológicas y la presencia de fósiles de naturaleza distinta, tendremos lo suficiente para no confundir estos dos combustibles tan importantes.

Clasificacion de los Lignitos.—Segun el aspecto y textura que ofrecen los Lignitos, se dividen en *piciformes* y *fibrosos;* subdividiéndose aquellos en *comunes* y *térreos;* y estos en *Azabaches*, *madera fósil* y *madera bituminosa.*

De estas variedades, la primera reune todos los caractéres indicados en la descripcion; la *térrea* se conoce en el comercio con el nombre de tierra de sombra ó de Colonia, por su procedencia. El *fibroso* compacto ó *Azabache*, presenta casi todos los caractéres de la madera fósil, y se emplea como objeto de adorno en la joyería. Las demas variedades son simples modificaciones de las descritas, efecto de la menor fosilizacion de las maderas.

El Lignito comun suele contener como elemento accidental la Pirita de hierro que se descompone con mucha facilidad al contacto del aire; en la combustion le comunica malas cualidades por el olor azufroso desagradable que despide.

Yacimiento.—El Lignito se ha llamado por algunos Ulla de las capas calizas, y tambien de los terrenos secundarios y terciarios por su frecuente asociacion con aquellos elementos geognósticos, y su presencia en los períodos intermedios de la historia física del globo. Despues el célebre Brongniart le aplicó el nombre de Estipita de Estípite, que representa en Botánica, entre otras cosas, el tallo de los Cycas, plantas que se encuentran en este combustible. Para otros el Lignito representa

los combustibles de los terrenos terciarios, á los cuales reunió posteriormente Dufrenoy los secundarios, acepcion generalmente admitida hoy.

Al tratar del orígen de la Ulla, haremos una indicacion de las diferentes teorías que se han inventado para explicar la presencia de los combustibles de procedencia orgánica en capas regulares, alternando con los materiales de los terrenos neptúnicos. Por ahora basta saber, que el Lignito se encuentra en todos los términos de la série secundaria y terciaria, desde la Arenisca abigarrada del Trias hasta el piso plioceno inclusive. Pero si bien es cierto que se ven en la Arenisca abigarrada y en las Margas irisadas del triásico; en el Lias y en la Oolita inferior del jurásico; en el Neocomio y Areniscas verdes del cretáceo, sin embargo, puede asegurarse que el verdadero horizonte de este combustible, y en el que adquiere su mayor desarrollo, es el piso inferior y medio del terreno terciario, como se verá confirmado al hacer la indicacion de las principales localidades así nacionales como extranjeras.

El Lignito suele tambien encontrarse á veces en relacion con rocas ígneas, particularmente con las volcánicas: en este caso, aunque se presenta en capas, ofrece con frecuencia el aspecto prismático propio de los combustibles alterados por el calor y por agentes químicos; y hasta suele cambiar por completo su aspecto y composicion, convirtiéndose en Antracita, como se ve en Monte-Meissner (Sajonia), punto célebre por las disputas entre plutonistas y neptunistas. En esta localidad famosa, los tránsitos de un combustible á otro los determinó el Basalto; y no se verificaron de un modo brusco y repentino, sino lentamente y por capas, viéndose la mas superior convertida en Antracita en prismas perpendiculares en el punto de contacto con la roca volcánica; la inmediata inferior es de Ulla, á la cual sigue otra de Azabache; y por último, la inferior es de Lignito normal. *Véase la figura 7 de la lámina 13*. Otras veces la epigénesis es mas completa llegando á adquirir todos los caractéres del Grafito, como se ve en un ejemplar que me regaló el distinguido profesor Morlot en Berna en 1858, procedente de la Groenlandia, en donde parece que una corriente volcánica determinó tan singular trasformacion. En medio de ser esto lo mas comun y de llegar á convertirse en Cok, como se ve en el Habichtwald (Hesse) por la influencia del Basalto, tambien se citan casos como el de la Calzada de los Gigantes en Irlanda, y en Islandia, en donde llaman al Lignito *Surturbrandur*, en que á pesar de hallarse cubierto el Lignito por una capa de Basalto, no ha experimentado cambios notables. *Véase la figura 6 de la lámina 13*.

El Lignito suele impregnarse tambien de sustancias minerales como de Mesotipa, cerca de Clermout (Auvernia), segun demuestra la *figura* 3 de la misma *lámina*, por la accion de una Toba volcánica; ó de Aragonito, como es el caso del Lignito de Bohemia indicado por el eminente Sr. Haindinger. El Sr. Noeggerath cita el criadero de Hoberseelbachkopf, en el que varios trozos de árboles han perdido toda la materia bituminosa que se convirtió parcialmente ó en totalidad en Sílice.

Estas singulares epigénesis son efecto, segun queda indicado, de la accion combinada del calor, de la presion, del agua y de emanaciones ácidas compañeras de la aparicion de las rocas ígneas.

Localidades extranjeras.—El Lignito se encuentra en Wasselonne, Soultz-les-Bains y otros puntos en la Arenisca del Trias; en Grozon, Fayence, Monferrant &c.; en las Margas irisadas; en Deister en el Lias inferior; en Milhau, en la mesa de Larzac, y otros en la Oolita inferior, importante por ofrecer una alternancia curiosa de formaciones lacustres y marinas; en la isla de Aix, en Anzin, Saint-Paulet &c., en el cretáceo; en Reims, Laon, Auteuil, en la Prusia y Bohemia en el terciario inferior, en el que, y muy particularmente en los alrededores de París, es tan constante la presencia de este combustible, que constituye un verdadero horizonte llamado del Lignito. El de Monte Bamboli y Buriano (Toscana), y el de Smendou (Constantina), pertenecen al terreno coceno superior. Los de Vevay y Lausana (Suiza), y del Grand-Denis (Doubs) son miocenos. El de la Tour-du-Pin (Isere) plioceno.

Localidades españolas.—En la Península abunda mucho el Lignito, debiendo citar entre las localidades mas importantes, la de Alcoy, que suministra sobre 40,000 quintales al año, y Dos Aguas (Valencia), pertenecientes al terreno mioceno; el distrito de Utrillas, Estercuel, Alcaine, Castellote, Montalban, y otros pueblos de Teruel, enlazado mas ó menos estrechamente con el de Bel, Castell de Cabres y otros de la provincia de Castellon, pertenece al terreno cretáceo. La cantidad de Carbon de este distrito, segun cálculos, sobrado halagüeños á mi modo de ver, del ingeniero Sr. Alcibar, asciende á 2,000 millones de toneladas.

El de Benisalem y Alcudia (Mallorca), descrito por el Sr. Bouvy, tambien es cretáceo. El que se explota en Villaviciosa y en las parroquias de Oles, Careñes, Villaverde y otros puntos de Asturias, pertenece, segun Schulz, al terreno jurásico inferior. Tambien se encuentra, segun Maestre, en el llano del Panadés, en Mequinenza, en la Granja de Escarp, en Navines, Seo de Urgel y otros puntos de Cataluña. El criadero de Mora de Rubielos (Teruel), es importante por las plantas fósiles

que encontré en un banco de Marga, en relacion con el Lignito, que se halla enteramente cubierto de fósiles lacustres, entre los que figuran varios Planorbis y Cyclas. En la provincia de Valencia se han denunciado en estos últimos años algunas minas de este combustible. En la de Castellon es curiosa la de Espadilla, por llevar fragmentos de Succino. En San Agustin y Manzanares (Madrid): en Bonaval, Imon, Paredes y Rata (Guadalajara): en Priego, Fresneda de la Sierra, Uña, las Majadas, Bascuñaga, Valdecabras, Arcos de la Sierra y otros puntos en Cuenca: en San Juan de Alcaráz (Albacete) &c., tambien se encuentra, segun La Cortina, este combustible.

Aplicaciones.—El Lignito, aunque no de tanto precio como el verdadero Carbon de piedra, es sin embargo, un excelente combustible que se emplea con ventaja sobre la leña en los hornos de Cal, en la destilacion para la produccion del vapor, y hasta para los usos domésticos, cuando no despide mal olor.

La variedad llamada Azabache se destina para fabricar objetos de adorno de luto, como pulseras, alfileres, pendientes, botones, gemelos &c. En Villaviciosa de Asturias se explota con este objeto.

El Lignito piritoso sirve en algunos puntos para la preparacion del Alumbre y del Sulfato de Hierro. Las cenizas rojas que resultan de esta operacion, y las llamadas negras, ó sean los desperdicios del Lignito, son un excelente abono mineral para ciertas tierras pobres.

La variedad terrosa conocida con los nombres de tierra de Colonia y de sombra, se explota principalmente en Brülh y en Liblaz, cerca de dicha ciudad, de la que ha tomado el epíteto que lleva; se destina como combustible y para la preparacion de colores al óleo ó al temple: en Holanda la suelen mezclar con el Tabaco para darle finura y suavidad. Tambien se emplea en este país para abonar las tierras.

Disodila.

Con este nombre designó Cordier un combustible que algunos colocan entre los Lignitos y otros en la especie Turba, procedente de Mellili, junto á Siracusa (Sicilia). Esta variedad de Lignito se presenta de textura hojosa, de láminas muy finas y algo flexibles y elásticas; su color es amarillento ó gris verdoso, siendo comun encontrar en su masa raices de plantas entrelazadas; su peso específico es algo mayor que el del Agua; arde con facilidad, despidiendo una llama viva y bastante humo de un olor desagradable, parecido al de la Asafétida, que

es lo que le hizo dar el nombre que lleva, pues *dysodés* en griego significa *fétido* ó *hediondo*.

Delesse analizó la de Glimbach, y encontró en ella

Agua y materias volátiles	49,1
Carbono	5,5
Cenizas	45,4
	100,00

Examinada por Ehrenberg con el microscopio, dice que está compuesta de restos silíceos de infusorios de la seccion de los *naviculares*, mezclados con elementos de plantas ó árboles resinosos.

Localidades.—Además de la de Mellili se ha encontrado en el criadero del mismo Lignito en Werterwaldt, en Glimbach, cerca de Giessen, y en Saint-Arnaud (Auvernia).

Aplicaciones.—La Disodila ó Dusodíla es objeto de mera curiosidad científica.

Tercera especie.—Ulla.

Sinonimia.—Hornaguera, Carbon de piedra, Carbon de tierra Stein Kohle (en aleman), *Coal* (en inglés).

Definicion.—La Ulla, verdadera palanca de la civilizacion moderna, es un combustible de color negro mas ó menos oscuro, tierno y opaco, con frecuencia reluciente, á veces irisante; de textura pizarreña ó fragmentosa; su peso específico 1 ó 1,6. En su composicion entra el Carbono como elemento principal, mezclado ó combinado con materias volátiles y térreas, y con el Hidrógeno, Oxígeno y Ázoe en proporciones variables, como demuestran los resultados siguientes de las análisis hechas por Thomson:

	Carbon.	Materias volátiles.	Materias térreas.	Carbono.	Hidrógeno	Oxígeno.	Ázoe.
Ulla grasa de New-Castle	75,90	22,60	1,50	75,28	4,18	4,58	15,96
Ulla pizarrosa de Glascow	55,23	35,27	9,50	75,00	6,25	12,50	6,25
Ulla blanda de idem	41,25	47,75	10,00	74,45	12,40	2,93	10,22
Cannel Coal de Coventry	29,00	60,00	11,00	64,72	25,56	0,00	13,72

Este combustible arde generalmente con facilidad, despidiendo una llama mayor ó menor; y un olor bituminoso característico con bastante humo negro: los fragmentos en la combustion generalmente se dilatan y aglutinan formando pasta.

La destilacion de la Ulla da por resultado varios gases combustibles, Hidrógeno bicarbonado (gas del alumbrado), Agua amoniacal, Aceites bituminosos, y un carbon de color y brillo de Acero, esponjoso muy ligero, que es lo que vulgarmente se llama Cok, y tambien cenizas.

La proporcion relativa de cada uno de estos elementos determina la naturaleza y el valor de las Ullas, que se dividen por esta razon en tres grupos, á saber: *secas*, *grasas* y *medias*. El cuadro adjunto dará una idea de la relacion que existe entre el Carbon, las cenizas y las materias volátiles de cada uno.

		Carbon.	Cenizas.	Materias volátiles.
Ullas secas...	Mons	85, 0	2, 3	12, 7
	Fresnes	82, 4	4, 2	13, 4
	País de Gales	79, 3	1, 3	19, 4
Ullas grasas..	Alais	68, 1	6, 4	25, 5
	Gier	66, 5	2, 0	31, 5
	Carmeaux	71,50	3,50	25, 0
Ullas medias .	Cublac	70,25	7,40	22,35
	Blanzy	76,48	2,28	21,24
	Tuchan	56, 0	20, 0	24, 0

El de Asturias, Leon, Palencia, Cuenca, Córdoba y Cataluña, término medio de 120 ensayos, da

Carbon	66
Cenizas	4,50
Materias volátiles	29,50
	100, 0

de manera que puede considerarse como grasa.

Ulla seca.—La Ulla seca, muy parecida á la Antracita, es de colores mas claros que la grasa, tirando al gris de acero; de textura compacta, á veces hojosa; la fractura en general es concóidea. Resultado de una especie de mezcla de la Antracita con algun principio bituminoso; arde con dificultad, aumenta poco de volúmen; sus fragmentos se aglutinan ligeramente conservando sus formas; produce bastante Cok; y despide pocos principios volátiles.

Ulla grasa.—Como su mismo nombre lo dice, esta Ulla es el resultado de la mezcla de partes carbonosas y de principios volátiles (aceites y betunes), en proporcion considerable. La textura es hojosa, compuesta de pequeñas capas compactas, alternando con otras, ya brillantes, ya tiernas y opacas que tiznan los dedos. De la proporcion de estos dos órdenes de lechos, depende la calidad de la Ulla grasa. En la misma consideracion se funda la clasificacion establecida por el Sr. Regnault de estas Ullas en *duras*, de *forja* ó de *albéitares* y de *llama larga.*

Las capas brillantes son las mas puras y de primera calidad, corresponden á las *duras* ó *frágiles;* las de aspecto resinoso y de color negro brillante son las de forja, y las de llama larga se reconocen por el color oscuro mate y por su fractura que imita á la de la tinta china. Con frecuencia se encuentran en un mismo fragmento las tres variedades, y su diferente proporcion determina el respectivo valor.

La Ulla grasa ofrece tránsitos insensibles por una parte al Lignito por la de *llama larga* ó *bituminosa*, y por otra á la Antracita por la variedad llamada dura.

Ulla media.—La Ulla media es una sustancia de color negro menos oscuro que el de la grasa; su peso es igualmente menor; arde con mucha facilidad, con llama muy larga, y los fragmentos ni cambian de forma ni se aglutinan. La destilacion suministra muchos gases, dejando un resíduo negro poco coherente que no puede utilizarse como Cok. Se le dió el nombre que lleva, por considerarla como el eslabon que enlaza las variedades anteriores.

Yacimiento.—La Ulla se presenta generalmente en capas regulares alternando con otras de Pizarras arcillosas, Arcillas, Areniscas y Conglomerados en determinados terrenos. A veces se halla relacionada con rocas eruptivas, y entonces no solo toma el aspecto prismático, como indicamos ya en el Lignito, sino que tambien varía su composicion, convirtiéndose en Antracita, en Grafito ó en Cok. Las rocas que mas frecuentemente determinan estos cambios son las porfídicas y volcánicas; debiendo citar, entre los muchos ejemplos que pudieran aducirse, la

trasformacion de la Ulla en Antracita y Grafito indicada por E. de Beaumont en Petit-Cœur y en el collado de Chardonnet, en la Tarentesia (Saboya), determinada por la influencia de una roca ígnea feldespática. En este punto célebre, lo mismo que en Encombres, no solo la Ulla ofrece estas singulares epigénesis, sino que, lo que todavía es mas extraordinario, una inversion tal de los estratos, que el terreno carbonífero que contiene este combustible, con impresiones de plantas características de la época, se halla sobrepuesto á la Oolita inferior y al Lias, pertenecientes al jurásico. Al trazar la descripcion de estos períodos geológicos se darán mas detalles sobre este hecho que ha motivado sérias discusiones entre los geólogos mas eminentes, desde que en 1828 lo indicó Beaumont en los *Anales del Museo de Ciencias naturales de París.*

En 1850, el Sr. Martins, profesor de Botánica en la célebre Escuela de Montpellier, publicó en el *Boletin de la Sociedad geológica de Francia* otro caso de metamórfosis de la Ulla, observado por él en las Minas de Commentry, determinada por una roca traquítica algo alterada, ó Domita. La posicion respectiva de ambas rocas, lo mismo que el aspecto prismático que adquiere la Ulla al convertirse en Antracita, se comprenderán mejor echando una ojeada á la figura siguiente, copia fiel de la que acompaña á la Memoria de aquel eminente geólogo.

Figura 54.

1. Domita alterada.
2. Antracita prismática.
3. Ulla en capas.

El Sr. Delesse, en su citada obra sobre el *Metamorfismo*, refiere igualmente otros casos de epigénesis de la Ulla en Antracita y Grafito, que no hay necesidad de indicar, pues los apuntados bastan para convencerse de la verdad del hecho. El Sr. Jacquelin, en una Memoria publicada en 1840 en los *Anales de Física y Química*, sienta el principio, fundado en repetidísimos ejemplos, que si no todas, la mayor parte de

las Antracitas son Ullas alteradas profundamente en su composicion química á la proximidad ó contacto de rocas ígneas, obrando al abrigo del aire atmosférico y bajo la influencia de una gran presion. Los resultados de la destilacion de la Ulla grasa en vasijas cerradas corroboran la verdad de este aserto.

En cuanto á la trasformacion de la Ulla en Cok, pueden citarse varios ejemplos que demuestran la parte que el calor toma en estas operaciones. En Coaley-Hill, cerca de Newcastle, segun refiere E. de Beaumont en su *Viaje metalúrgico al Reino-Unido*, este cambio se verificó por la influencia de una roca basáltica á cuya inmediacion la Ulla se convirtió en Cok prismático; en Bally Castle la trasformacion alcanzó á la Arcilla que formaba parte del terreno, y que hoy se ve convertida en Jaspe. En otros puntos no solo ha cambiado de aspecto y de naturaleza el combustible, sino que se ha dejado penetrar por sustancias extrañas á su composicion, entre las cuales los óxidos y piritas de Hierro, los carbonatos de Cal, el Cuarzo y la Barita sulfatada son, segun Delesse, los mas frecuentes.

La presencia constante de la Ulla en capas alternando con otros elementos de acarreo en un determinado período de la historia física de la tierra, se ha considerado como un hecho importante, hasta el punto de constituir un horizonte geognóstico ó un terreno que se ha llamado y se conoce hoy en la ciencia bajo la denominacion de *carbonífero*.

Algunos han creido ver á este combustible en el terreno devonio, en Asturias y en otros puntos de la Península; pero las concienzudas y asíduas observaciones del Sr. Prado han desvanecido esta idea equivocada.

Tambien es verdad que otros han referido á la Ulla ciertos combustibles que se encuentran en terrenos mas modernos, como por ejemplo, el terciario de Monte Bamboli (Toscana); y que E. de Beaumont y algunos geólogos de nota suponen que la de la Saboya es jurásica; pero lo cierto es que el verdadero horizonte de este combustible es el terreno llamado carbonífero por excelencia, en el período primario ó paleozóico, que corresponde al de transicion de Werner.

Este terreno posee sus materiales propios, con los que alterna la Ulla; se divide en pisos superior, medio é inferior que daremos á conocer en la descripcion de los terrenos, dejando tambien para entonces la indicacion de sus numerosos y variados accidentes determinados por la aparicion de rocas ígneas, generalmente porfídicas, y que demuestran las figuras siguientes. Lo que por ahora importa saber es que el combus-

tible no es igual en todos los pisos del terreno carbonífero. Generalmente hablando, el del superior es de mejor calidad, y tambien mas abundante; circunstancia que ha hecho se dé á este horizonte, en el

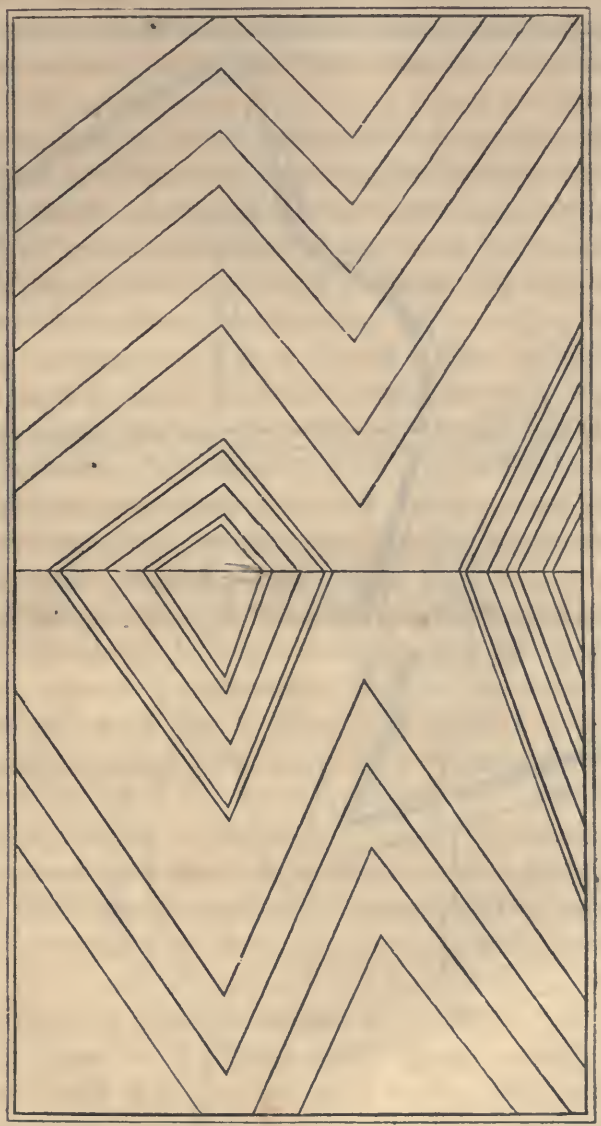


Figura 55. Disposicion de las capas del terreno carbonífero en Brassac.

país clásico de la Ulla, en Inglaterra, el epíteto de *Coal measures*, medida de Carbon. En los otros pisos no solo es escaso, sino que tambien su calidad es inferior, pasando con frecuencia al combustible que vamos á estudiar bajo el nombre de Antracita.

Aunque no sea este el lugar de describir las rocas que entran en la formacion del terreno carbonífero, ni los accidentes que en sus estratos determina la asociacion de rocas eruptivas, conviene, sin embargo,

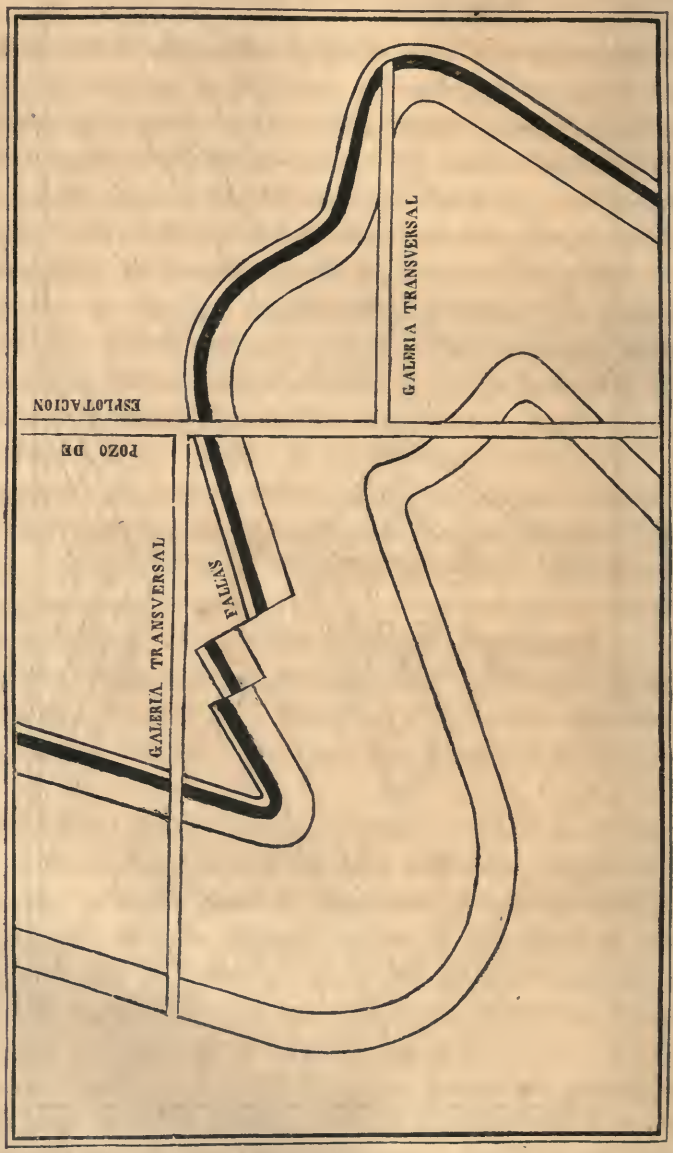


Figura 56. Aspecto y accidentes del carbon de piedra en las minas de Mons (Bélgica).

llamar la atencion hácia la constancia de sus caractéres; constancia tal, que no solo se observa en todos los puntos del globo en que se encuentra; sino que, como hace notar el Sr. Bural, cuando las capas de Ulla

se encuentran en terrenos diferentes del suyo propio, aunque esto no es comun, las rocas abandonan, por decirlo así, sus caractéres especiales para tomar los asignados á las del carbonífero. Tambien puede esto explicarse en muchos casos por la inversion ó dislocacion del terreno carbonífero que se ha supuesto jurásico ó cretáceo, sin tener en cuenta las causas que han podido alterar su posicion normal y verdadera.

Despues de indicar la posicion de la Ulla en la série geognóstica y los rasgos mas característicos de su yacimiento, dejando para mas adelante todo lo que es propio del terreno en que se encuentra, conviene que abordemos la cuestion del orígen ó procedencia de este combustible, y el modo de formarse, haciendo extensivo al Lignito y demas Carbones todo lo que aquí expongamos.

Respecto á la procedencia de la Ulla de plantas fosilizadas por un procedimiento, no siempre fácil de conocer, son tantas las pruebas que hoy posee la ciencia, fundadas en los restos vegetales, como hojas, tallos, frutos &c. que se encuentran en el mismo horizonte que aquella, en su composicion propia y en la textura vegetal, comprobada en la Ulla por las observaciones microscópicas de Hutton, que ha merecido el asentimiento unánime de todos los geólogos.

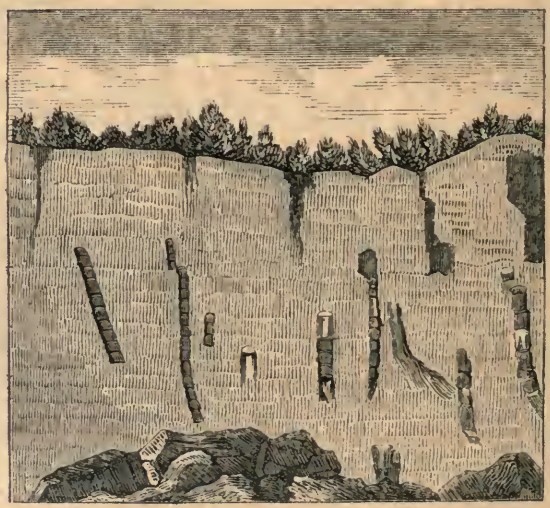
Prescindiendo de entrar en el exámen de la operacion recóndita y molecular en virtud de la cual las diferentes partes de los vegetales antiguos se han convertido en el combustible que estudiamos, epigénesis curiosa en la que indudablemente el Agua, auxiliada del calor y de la presion, ha sido el agente principal, se presenta otra cuestion no menos importante que ha motivado sérias controversias entre los geólogos mas eminentes. Se trata de averiguar si las plantas que originaron la Ulla vivieron en el mismo punto en que hoy se encuentra el combustible, ó si, por el contrario, fueron arrastradas, jùnto con los demas materiales del terreno, por las corrientes hasta el fondo de los lagos y mares.

Para aclarar esta cuestion hay que recordar que todas las rocas del terreno carbonífero, y particularmente las que acompañan en el piso superior y medio á la Ulla, llevan en sí las señales mas evidentes del acarreo ó trasporte, si bien algunas, como los Conglomerados de gruesos cantos, parecen indicar que no proceden de grandes distancias. Esta circunstancia ha dado márgen á una de las teorías inventadas para explicar la formacion de la Ulla, que sus partidarios atribuyen al trasporte de las plantas por corrientes violentas, á la manera de balsas, al-

*

madías ó jangadas, depositándose en la desembocadura de los rios ó en el fondo del mar, de cuyo procedimiento nos dan idea los *Rafts* (1) que se forman en el Mississipí y en otras grandes arterias terrestres. Hay, sin embargo, muchas razones de gran peso para no adoptar en absoluto esta teoría. Entre ellas debemos citar la admirable conservacion de ciertas partes de los vegetales que se encuentran fósiles hasta el punto de presentarse las hojas de Helechos y Licopodios adheridas á las ramas. La observacion de varios troncos de árboles encontrados por Brongniard en la cantera de Treuil, cerca de Saint-Etienne, perpendiculares á las capas del terreno, y al parecer en la misma posicion en que vivieron, rechaza tambien la idea del trasporte á largas distancias. Este hecho es tan curioso, que me ha parecido conveniente reproducirlo por medio de la figura adjunta, copiada de la que presentó aquel geólogo eminen-

Figura 57.



Corte de la mina de Carbon del Treuil (Saint-Etienne).

te en su apoyo. Posteriormente se han multiplicado estos hechos, citándolos en muchas minas de Carbon de la América del N.; en la cuenca de Anzin (Francia); en el terreno wealdio en la isla de Portland (Inglaterra), en donde de la Beche y Buckland encontraron varios troncos

(1) Llámase *Raft* á la aglomeracion de troncos de árboles y ramaje que se observa en la desembocadura del Mississipí y de otros grandes rios, mezclados con los demas materiales de acarreo.

de Cicadeas convertidos en Sílice, adheridos todavía por medio de sus raices á una piedra negruzca que parecia representar la tierra vegetal en que vivieron aquellos árboles. En el famoso criadero de plantas fósiles de Lípari tuve la satisfaccion de encontrar tres ó cuatro troncos de Palma en su posicion vertical, á través de estratos de naturaleza diferente; observándose que el tronco se hallaba separado en porciones del mismo espesor que los bancos, de cuya naturaleza participaba tambien. Este hecho es importante, no solo para aclarar la cuestion que nos ocupa, sino tambien como confirmacion del levantamiento que han sufrido los estratos en que se encuentran las plantas, pues cualquiera que sea la inclinacion que aquellos afecten, siempre la posicion de los troncos es vertical al plano de estratificacion.

Además, resulta de los cálculos de E. de Beaumont, que una capa de Ulla de 1, 2, 3 ó 30 metros de grueso, requiere ó supone una balsa ó Raft de 26, 58 y 788 metros de espesor, suposicion que excede los límites de lo posible, como dice Coquand. El mismo Beaumont añade, que aun concediendo á las maderas mas Carbon del que en realidad poseen, una capa de Ulla de 6 milímetros de grueso, equivaldria ó seria mayor que el que proporcionase un bosque hueco ú oquedal bien desarrollado que ocupase la misma superficie. Esto nos da una idea de las cantidades fabulosas de materia vegetal que ha exigido la formacion de la Ulla, que en algunos puntos ofrece 70 y mas metros de grosor en sus capas. Como último dato en confirmacion de esto mismo, dice aquel geólogo, que un frondosísimo bosque que cubriera toda la Francia, no suministraria tanto carbon como una capa de Ulla de dos metros de espesor y de igual extension que la que tienen hoy las diversas cuencas carboníferas del vecino Imperio, que solo forman 1/214 de su superficie.

Todos estos hechos rechazan la idea del trasporte de los vegetales para la formacion de la Ulla; y por mas que el Sr. Unger trate de explicar la existencia de troncos verticales en las minas por medio de aluviones terribles, capaces de arrancar de cuajo y trasportar árboles enteros á largas distancias, como demuestra la lámina 37 del Atlas, no por eso deja de ofrecer grandes inconvenientes su adopcion.

No pudiendo, pues, explicarse plausiblemente la formacion de este y de los demas combustibles por el trasporte de los vegetales, se apeló á la idea de considerarlos, resultado de un procedimiento análogo al que indicamos para la Turba, suponiendo que estos se encuentran hoy en el mismo sitio en que vivieron. Para ello admiten en la época

del Carbon oscilaciones lentas ó bruscas de los continentes, como se observan hoy, á beneficio de las cuales se vieron estos alternativa y sucesivamente invadidos y abandonados por las aguas dulces ó saladas, con lo cual quieren darse razon de los materiales de acarreo que acompañan constantemente al Carbon.

El Sr. Burat, en su excelente *Tratado de Geología aplicada*, emite su modo de ver en la formacion de la Ulla y demas combustibles no metálicos, con el que parece quedan conciliadas las dos teorías que acabamos de apuntar. Los datos sobre que se funda este eminente geólogo son los siguientes.

Las plantas fósiles del terreno carbonífero, cuyo número excede hoy de 300 especies, pertenecientes en su mayor parte á Helechos, Calamites y otras familias análogas, se encuentran en las capas de Areniscas, en impresiones de troncos y ramas de bastante tamaño; en general echados horizontalmente, y alguna vez perpendiculares al plano de estratificacion, como demuestra la figura 57; mientras que en las Pizarras se ven las hojas y los tallos delgados, como si la Naturaleza hubiera querido trazar sobre las láminas ú hojuelas de estas rocas la historia de la vegetacion de aquel período tan remoto. En la Ulla misma no se ven estos restos, por cuanto representa la descomposicion de la materia vegetal; exigiendo aquellos, para conservarse, el ser prontamente envueltos en una materia ó pasta poco ó nada susceptible de alterarse, como lo es la de las rocas indicadas.

Por otra parte se observa que algunas Ullas dan en la combustion mayor cantidad de materias térreas que las que contenian las plantas de que proceden, siendo diferente hasta la naturaleza de las cenizas. Esta circunstancia se ve confirmada ó se explica por lo que nos demuestra la análisis mecánica de la Ulla, en la que se ven capas alternadas por una parte de Carbon brillante y opaco ó térreo, y por otra del combustible y de hojas delgadas de Pizarra y de alguna otra roca. Todo esto parece demostrar que la Ulla es heterogénea, representada por capas alternas de Combustible puro, resultado de la descomposicion de los vegetales, y de materias terrosas formadas por la accion de las aguas sobre las plantas mismas cuyos restos pertenecen á pequeñas especies del género Calamites, diferentes de los grandes vegetales que se encuentran en las Pizarras, y sobre todo en las Areniscas que acompañan al Carbon.

Interpretando estos datos, puede decirse con Burat, que estas pequeñas zonas representan la produccion y destruccion periódica compa-

rable con la que podria resultar de las diferentes estaciones del año; siendo las capas especulares ó brillantes efecto de los vegetales descompuestos; mientras que las opacas ó térreas representan parte de esta descomposicion, pero mezcladas con materias arcillosas llevadas ó arrastradas por las mismas aguas cuya invasion periódica fué, tal vez, una de las causas que la determinan.

De manera que las minas de Carbon pueden explicarse por el crecimiento, desarrollo y destruccion en el mismo punto en que vivieron las plantas de pequeña talla y de organizacion poco compleja, de un modo análogo al indicado para la Turba, y por el trasporte ó acarreo de las de gran porte y de materias terrosas, por la accion de corrientes periódicas determinadas por oscilaciones en el suelo.

Este procedimiento explica plausiblemente una porcion de accidentes que caracterizan el terreno carbonífero, como la presencia en las cuencas del N. de Europa de muchos bancos de Ulla de escaso espesor, lo mismo que la de las capas considerables y las grandes acumulaciones de Combustible en las del S. La marcada separacion que se nota entre las capas de Ulla y los estratos de las Pizarras y Areniscas parece demostrar que los dos principios generadores no se han confundido; ó en otros términos, que aquella se formó fuera del Agua, no siendo, de consiguiente, roca de sedimento, mientras que estos son producto del acarreo y sedimentacion.

La teoría ingeniosa y bastante fundada que acabamos de exponer, puede hacerse extensiva á los demas combustibles que representan á su vez la acumulacion y destruccion de las plantas que vivieron en los diferentes períodos geológicos. Así, por ejemplo, la Antracita, formada por el mismo procedimiento, debe indudablemente su naturaleza seca al diferente modo de descomposicion que sufrieron sus plantas, determinado por las condiciones especiales del globo en los períodos anteriores á la Ulla. Siendo de notar que el tránsito de esta y del Lignito á la Antracita, á la proximidad de rocas ígneas, confirma plenamente esta idea; pues en estos casos obraron tambien el calor y la presion de un modo análogo al que suponemos en los primeros períodos en que se encuentra aquella como roca independiente.

Partiendo de esta teoría, que tanto asemeja el procedimiento y orígen de la Ulla á la de la Turba, podrá hasta cierto punto, calcularse aproximadamente el inmenso espacio de tiempo que aquella ha exigido para su formacion. Con efecto, al trazar la historia de esta dijimos que en Holanda al menos, se forma una capa de 66 centímetros por siglo; y

si suponemos que la Ulla no ha sido mas lenta en formarse (1), teniendo presente, por otra parte, que hay minas que poseen 70, 100 y mas metros de espesor en las capas de Carbon, se verá los miles de años que se han necesitado para ello. Si estas consideraciones las hacemos extensivas á todo el terreno carbonífero se habrán necesitado 480,000 años para el de los condados de Salep y Hereford (Inglaterra), partiendo de la suposicion ó del hecho, si se quiere, de tener allí 3,200 metros de espesor, y 600,000 para el de Asturias, cuya potencia la calcula Verneuil en 4,000 metros.

Localidades extranjeras. — El Carbon de piedra se halla repartido con profusion en la superficie del globo, casi siempre en condiciones análogas y en relacion con las necesidades de la humanidad. Bajo este punto de vista, puede asegurarse que en Europa la region privilegiada es Inglaterra, que posee 1.573,000 hectáreas de terreno carbonífero, ó sea 1/20 de la totalidad de su territorio. La distribucion de sus diferentes cuentas, es la siguiente:

Northumberland y Durham.....	445,000 hectáreas.
Cumberland.....	26,640
Westmoreland.....	10,195
Derbyshire ó condado de Derby.....	277,325
Cheshire y Lancashire.....	151,000
Flintshire.....	9,950
Glamorgan (país de Galles).....	225,750
Glocesteshire.....	3,070
Satffordshire.....	5,665
Edimburgo y Glascow.....	396,546
Dumfries y Jedburgh.....	25,800
	1.572,641

La situacion topográfica de los principales centros productores, junto con la calidad superior del combustible y la excelencia y abundancia de los depósitos de Hierro que casi en todas partes acompaña á la Ulla

(1) Elie de Beaumont, comparando la vegetacion del terreno carbonífero con la de la época actual, ha calculado que en 100 años podria formarse una capa de 15 milímetros de carbon.

en el Reino-unido, son las causas mas poderosas de su grandeza. La extraccion anual de este combustible se calcula en 40 millones de toneladas, que equivale, segun Burat, al triple de la de toda Europa.

A Inglaterra sigue en riqueza la Francia, que posee 251,000 hectáreas ó sea 1|200 próximamente de su superficie, que producen anualmente cinco millones de toneladas, insuficientes para las necesidades del país. Los centros principales son, Valenciennes, Creuzot, Blanzy y Epinac; Littry, Saint-Etienne y Rive de Gier, Alais, Saint-Gervais, Commentry &c.

Bélgica tiene 150,000 hectáreas, que equivalen á 1/24 de la superficie de su territorio y rinden aproximadamente cinco millones de toneladas procedentes de Lieja, Mons, Namur y Charleroy.

La extraccion de Prusia y de la Confederacion germánica, asciende á tres millones de toneladas que proceden de las cuencas de la Rhur, de Eschweiler, y Sarrebruck, de Sajonia y la Silesia.

Bohemia produce sobre 500,000 toneladas; el Wurttemberg, la Baviera, Hungría, y Austria no poseen grandes minas. En cuanto á la Rusia, aunque no se conoce á punto fijo la produccion, posee inmensas extensiones de terreno carbonífero. En China y el Japon existen, segun se dice, grandes depósitos de este combustible, que se encuentra tambien en la Nueva Holanda junto á Sidney, y en América.

Localidades españolas.—La Península, segun cálculos de los ingenieros de minas, reasumidos con sagacidad por el Sr. Schulz en una publicacion reciente, posee en Asturias 20 leguas cuadradas que encierran por término medio mil millones de toneladas de excelente carbon; en las cuencas de Orbó y Sabero (Palencia y Leon) diez leguas cuadradas que contienen sobre quinientos millones; en las de Búrgos y Soria sobre cuarenta leguas, la cantidad no está todavía bien apreciada; probablemente muchos de estos criaderos pertenecen al Lignito; por fin, en los distritos de San Juan de las Abadesas, en Surroca y Ogasa (Cataluña); en Hinarejos (Cuenca); en Belmez y Espiel (Córdoba), enlazadas con las de Canta el Gallo y Fuente del Arco (Extremadura); en Villanueva del Rio (Sevilla); en Monte Videmaculata (Vizcaya), y otros varios puntos se hallan criaderos de muchísima importancia que solo esperan un espíritu emprendedor, capitales y vias fáciles de comunicacion para sufragar por lo menos, á las necesidades del país, siendo en general excelente su calidad.

Aplicaciones.—La Ulla y el Hierro son de una aplicacion tan universal, que pueden considerarse como los principales agentes de la ci-

vilizacion y poderío de las naciones. Para persuadirse de esta verdad, basta fijar por un momento la atencion en el número prodigioso de industrias auxiliadas por el vapor, que sobre todo en Inglaterra, es tal, que segun Coquand, las que existian en el año 1838, representaban la fuerza fabulosa de trescientos ó cuatrocientos millones de hombres; y como desde esta época puede asegurarse que las quince mil que se contaban entonces se han duplicado, tenemos un dato para calcular el poder inmenso del Carbon mineral.

Como combustible preferible á la leña y al carbon comun, no solo se emplea para las máquinas, para las forjas &c., sino que hasta se ha extendido á los usos domésticos, para los cuales, sin embargo, se prefiere el Cok.

Expontáneamente la Ulla produce un gas muy inflamable y explosivo, el proto-carburo de Hidrógeno, que si bien ocasiona á veces terribles desgracias, cuyo número ha disminuido desde la introduccion de la Lámpara de Davy, por otro se utiliza en algunos puntos de los Estados-Unidos, en Rheine (Francia), y Sztalina en la Westfalia para el alumbrado. Sin embargo, para este uso se prefiere el gas llamado del alumbrado, que es el bicarburo de Hidrógeno, mezclado con protocarbura, Hidrógeno, Ácido carbónico, Ázoe &c., que se obtiene por destilacion.

El incendio expontáneo de las minas de Carbon, suele dar orígen á fuentes termales; y cuando el calor no es excesivo, establece en la superficie una temperatura excepcional que templa los rigores del Invierno, circunstancia que segun Coquand, se ha utilizado en Inglaterra estableciendo sobre las minas incendiadas jardines de aclimatacion de plantas exóticas que se acomodan muy bien á pesar de la latitud; consiguiendo hásta tres cosechas anuales en las plantas del país, por la prontitud con que maduran los frutos.

Cuarta especie.—Antracita.

Sinonimia.—Carbon fósil, Ulla brillante ó lustrosa.

Definicion.—Este es un combustible de aspecto menos orgánico que la Ulla, pero de cuya procedencia vegetal no puede dudarse, atendida su composicion y los restos de plantas fósiles que se encuentran en su criadero. Sustancia carbonosa, negruzca, opaca, algo parecida á la Ulla y de aspecto metalóideo; arde con dificultad, necesitando para ello gran tiro ó corriente de aire; en la combustion no despide llama, humo ni olor bituminoso, y se cubre de una capa de cenizas blancas al enfriarse. El

calor la hace decrepitar y separarse en pequeños fragmentos que no se aglutinan; circunstancia que entorpece la combustion, pues llegan á obstruir los hornos, impidiendo la circulacion del aire. Cuando en su composicion entra accidentalmente algo de pirita de Hierro, despide en la combustion un olor azufroso muy característico. El peso específico de la Antracita es 1,6; su textura generalmente compacta, de aspecto vítreo ó escamoso, laminar y á veces térreo.

La composicion tambien la distingue de los demas combustibles, formada de Carbono en proporcion hasta de 90 por 100, mezclada con diversas sustancias térreas como la Sílice, la Cal, la Alúmina, óxidos y piritas de Hierro con muy pocos principios bituminosos, segun resulta de las siguientes análisis:

Antracita.	Mandre.	Pensilvania.	Moutiers.	Sablé.
Carbon.....	91, 3	88	70, 8	69, 3
Cenizas.....	2, 7	4	21, 4	24, 6
Materias volátiles.....	6,00	8	7, 8	7, 1
	100,00	100,00	100,00	100,00

Hasta cierto punto puede considerarse como una especie de Cok natural.

Variedades.—*Compacta* de fractura concóidea en todos sentidos; *laminar*, variedad que se separa en tablas ú hojas; *terrosa* por la mezcla que ofrece de Arcilla, y *grafítica*, variedad que lleva algo de Grafito estableciendo el tránsito á este combustible.

Yacimiento.—La Antracita se presenta en capas ó lechos, en nódulos, y en porciones aun mas pequeñas, diseminadas en las Arcillas pizarrosas, Areniscas, Brechas y Pudingas silíceas, ó alternando con estos materiales en los terrenos de sedimento mas antiguos. Algunos adoptando el parecer de E. de Beaumont, colocan la Antracita encima del terreno jurásico en los Alpes, considerándola como sustancia metamórfica. Aunque esta cuestion no se halla todavía resuelta ni en pro ni en contra, cumple, sin embargo, hacer una observacion, y es que el caso que se aduce de la Tarentesia es aislado, y que de consiguiente, sería

atrevido, por lo menos, establecer sobre este dato una regla general que tiende, nada menos, que á destruir una de las bases fundamentales de la Paleontología, como veremos mas adelante.

Con frecuencia se la ve asociada con la Ulla en su propio criadero; observándose que, ora se presente aislada ó en relacion con el combustible citado, casi siempre se halla enlazada con rocas ígneas y en especial con Pórfidos y Serpentinas. En el primer caso, es un combustible peculiar anterior á la Ulla; mientras que en el segundo, y esto es lo mas comun, representa el metamorfismo de esta, determinada por las rocas plutónicas que hicieron desaparecer de su masa las sustancias bituminosas. Esta circunstancia explica tambien los grandes trastornos y dislocaciones que caracterizan los terrenos en que se encuentra la Antracita. Estas epigénesis suelen á veces ser mas completas, tomando el combustible el aspecto de Grafito. De manera que la Antracita, puede decirse, que no tiene criadero propio; y que en la mayoría de los casos, es el resultado de trasformaciones de otros combustibles Ulla y Lignito, como indicamos al trazar su historia respectiva.

Localidades extranjeras.— La region clásica para la Antracita es el N. de América en donde, segun los geólogos anglo-americanos, ocupa una superficie de mas de 16 millones de hectáreas. La cuenca antracífera de los Alpes occidentales, es notable por su extension, que equivale al triple de todos los criaderos de Ulla y Antracita de la Francia, y á la mitad próximamente del espacio que ocupa este terreno en Francia, Inglaterra y Bélgica. A pesar de tan colosal desarrollo, la Antracita de los Alpes es poco susceptible de explotacion por presentarse muy diseminada y esparcida en pequeñas porciones, efecto de los trastornos ocasionados por las rocas ígneas tan abundantes en dicha region.

Rusia posee tambien muchos criaderos, calculándose en dos millones y medio de hectáreas la superficie que ocupan en dicho Imperio la Ulla y la Antracita.

En Francia se halla en el Gneis, en los Vosgos, en los distritos de Santa María de las Minas y en Val d'Ajol; en Nuestra Señora de Milamas (departamento de Var), en Pizarras talcosas, y en varios puntos del departamento del Saona y Loira.

Localidades españolas.—Por último, en España existen varios criaderos, siendo los mas notables los de Colunga en Asturias y los de Hernani en Guipúzcoa.

Aplicaciones.—La Antracita solo puede emplearse como combustible; pero para poderse servir de ella con buen éxito hay que tener en

cuenta los accidentes que determina su combustion. Así es que, en los Estados Unidos, al principio se la consideró como un combustible imperfecto; pero así que, á beneficio de ciertas modificaciones introducidas en los altos hornos, se pudo contrarestar este inconveniente, se dedicaron á emplearla en las fundiciones y en todo lo que exige temperaturas muy elevadas. Gracias á esta circunstancia, hoy dia constituye para aquel país un ramo de gran riqueza; pudiendo asegurar que es el que entiende mejor y ha llevado á mayor grado de perfeccion el uso de tan precioso combustible.

Quinta especie.—Grafito.

Sinonimia.—Plombagina, Lápiz Plomo, Black Lead (inglés).

Llegamos, por fin, al último término de la série de las rocas combustibles representado por el menos orgánico y combustible de todos, al par que de aspecto mas mineral pétreo ó cristalino. Los tránsitos, insensibles á veces, que se notan entre la Antracita, la Ulla y hasta el Lignito mismo, como quedan ya indicados, y el Grafito por la influencia de causas diversas y la presencia de plantas fósiles características en el terreno en que se encuentra, son las causas que motivan su colocacion en el grupo de los combustibles.

Definicion.—La *Plombagina* ó *Grafito*, llamado así por la propiedad que tiene de tiznar los dedos y de trazar líneas negras sobre el papel: es una sustancia de color gris de Plomo cuando se presenta puro; de aspecto y brillo metálico parecido al de este metal y al súlfuro de Molibdeno: de tacto untuoso y suave; blanda hasta dejarse tallar y rayar con la uña; su peso es doble del del Agua; la textura es laminar ú hojosa.

El Grafito se compone esencialmente de Carbono, que entra hasta en proporcion de 95 por 100, asociado al Hierro y á principios bituminosos en cantidades varias, y demasiado insignificantes para que se las pueda considerar como esenciales á su composicion. De modo que debe hoy mirarse como Carbono puro, lo mismo que el Diamante, del que solo se distingue por su estado molecular. Este hecho es muy curioso, pues nos demuestra, por las gradaciones insensibles que acabamos de indicar desde la Turba hasta el Grafito y Diamante, que todos los combustibles constituyen una série no interrumpida de materias vegetales mas ó menos alteradas, representantes de las floras de distintos períodos geológicos. Algunos, empero, quieren ver en el Grafito y en el Diamante la fijacion primitiva del Carbono, no reconociendo en ellos, de consiguiente, el orígen orgánico.

Volviendo al Grafito, debemos decir que es infusible; arde tan difícilmente como el Diamante mismo puesto en la capa exterior de la llama que aviva el soplete; calidad igualmente preciosa y en la que se fundan algunas de sus aplicaciones.

Variedades.—Del Grafito se distinguen cuatro variedades, á saber: el *escamoso*, el *apizarrado*, textura debida á las rocas que lo contienen, el *compacto* y el *terroso*, por la mezcla con sustancias térreas y con piritas de Hierro y sulfuro de Molibdeno.

Yacimiento.—El Grafito se encuentra en forma de nódulos, de venas, de pequeñas masas intercaladas en terrenos y circustancias distintas, ya sea como materia independiente en los paleozóicos mas antiguos, y en aquellos cuyos elementos, como el Gneis, las Pizarras micáceas, talcosas &c. ofrecen señales evidentes del metamorfismo mas avanzado por la influencia de rocas cristalinas y porfídicas; ya tambien sin criadero propio, en relacion íntima con la Antracita, la Ulla y el Lignito en puntos en los que se ve evidentemente la causa de la epigénesis que aquel representa. En Suiza y Saboya es muy frecuente encontrar el Grafito en las condiciones mencionadas, como queda ya indicado: en Worcester (Estados Unidos) se ve un lecho de 0^{m}. 60 de Grafito y Antracita impura alternando con la Pizarra micácea; observándose que á la distancia de ocho leguas, en los confines de Rhode Island, la Antracita toma el aspecto tabular, conteniendo muchas impresiones de *Pecopteris*, *Neuropteris*, *Calamites* y otras plantas características.

Si se tiene en consideracion el carácter neptúnico de los terrenos que constituyen el primer criadero, podemos asegurar que tambien ha sido allí el Grafito una sustancia vegetal alterada despues, por la misma causa que determinó el metamorfismo de las rocas con las que está asociado.

Localidades extranjeras.—La localidad mas famosa por la abundancia y calidad del Grafito es la de Borrowdale, en Cumberland (Inglaterra;) siguen la de Passaw (Baviera) y la de Pontuy en Francia.

Localidades españolas.—En España se encuentra en Benahavis, cerca de Marbella (Málaga), cuya mina gozó hace algun tiempo de bastante reputacion; Rojas Clemente la cita en su viaje á Granada. Tambien se halla cerca de Toledo, en Sória, en los Pirineos y en Molina de Aragon.

Aplicaciones.—El principal uso que se hace de esta sustancia es para preparar lápices; directamente cuando es muy pura y homogénea, y cuando no, por el procedimiento siguiente, debido al Sr. Runge. Re-

ducida á polvo muy fino, se coloca en una vasija con dos veces su peso de ácido sulfúrico concentrado: pasadas 36 horas se debilita el ácido vertiendo cierta cantidad de agua, despues de lo cual se decanta, y antes de secarse completamente se corta la masa en pequeñas barritas. A veces se añade á la disolucion un poco de negro de humo para darle mejor color. El mismo resultado se obtiene por la presion que determina una prensa de gran poder; método inventado y puesto en práctica por el Sr. Brockedon en Inglaterra, y á beneficio del cual, el polvo del Grafito adquiere la misma consistencia que este.

Tambien se echa mano para el dibujo de las Pizarras arcillosas teñidas de negro por la penetracion del Grafito; constituyendo los lápices comunes que se venden para distintos usos, de los que la mayor parte proceden de Sória, de Molina de Aragon y de algunos puntos de la Sierra carpentana.

Mezclándolo con sustancias grasas sirve para moderar el roce de las máquinas, y como sebo en las locomotoras y wagones, segun se practica en Inglaterra.

Por último, desleido en el aceite en polvo muy fino sirve para cubrir los hornillos y otros utensilios de Hierro para preservarlos de la oxidacion; tambien se fabrican con esta materia crisoles que se llaman de Plombagina, y que ofrecen la ventaja de ser muy refractarios.

Diamante.

Aunque esta piedra no merece, en rigor, un lugar en esta obra, pues no le pertenece de ningun modo la calificacion de roca, es tal su importancia en el comercio por una parte, y completa tan perfectamente por otra la série de los combustibles no metálicos, que nos creemos en el deber de dar una ligera descripcion de sus propiedades mas características, siquiera sea como pretexto para decir algo acerca de sus relaciones geognósticas, que son curiosas é importantes.

Definicion.—El *Diamante* es una piedra preciosa compuesta esencialmente de Carbono; de textura compacta, con tendencia constante á la cristalizacion; su dureza es tal que raya á todos los cuerpos conocidos y solo se deja labrar con su propio polvo; la fuerza de su brillo ó de sus luces, como se suele decir, es extraordinaria. Las formas que afecta al cristalizar son dependientes del cubo, presentando la particularidad de ofrecer sus caras casi siempre algo convexas, como se ve en las figuras adjuntas.

Figura 58.

Figura 59.

El Diamante representa, segun unos, la primera consolidacion del Carbono en los períodos originarios del globo; segun otros, es el término extremo de la série que empieza por la Turba, y que por gradaciones insensibles, caracterizadas por la sucesiva eliminacion del Oxígeno, del Hidrógeno y del Ázoe, y el predominio del Carbono en razon inversa, pasó de esta á aquel, perdiendo completamente el carácter orgánico y adquiriendo condiciones mineralógicas enteramente distintas. Esta opinion, á mas de ser muy luminosa, es la generalmente admitida.

Yacimiento.—El Diamante se encuentra en cristales sueltos en las arenas ferruginosas y silíceas del terreno diluvial, asociado de hojuelas de Mica, Oro, Platino, Rubíes y otras piedras preciosas en los reinos de Visapur y Golconda (India); en la provincia de Minas-geraes, en el Brasil; y en Siberia en la pendiente occidental de los montes Urales. Este, sin embargo, no puede ser el verdadero y primitivo yacimiento del Diamante, pues indudablemente ha sido trasportado allí por las aguas corrientes. Esto lo confirman las observaciones del Sr. Lomonosoff, que al parecer lo encontró en una Arenisca cuarzosa de granos poco adherentes y elástica, llamada *Itacolumita* en el Brasil. Algunos geólogos consideran todavía esta roca como metamórfica, y en consecuencia niegan que sea esta su matriz primitiva. Humboldt cree que la *Itacolumita* de Minas-geraes pertenece al terreno silurio.

Detenernos ahora en indicar las aplicaciones de esta piedra como objeto de adorno en la Joyería, tan conocidas de todo el mundo, y describir los procedimientos que se emplean para labrarla y el modo cómo se calcula su valor por el peso, segun se hace en obras recientes de Geología aplicada, sería salirse de los estrechos límites de esta obra.

FIN DEL TOMO I.

LIBRERIA PASSIM, SA.
Bailén, 134 · Teléf. 257 47 57
BARCELONA-9

Nº 1780
Ptas.

QE
26
V5
t.1
Physical &
Applied Sci.

Vilanova y Piera, Juan
Manual de geología
aplicada a la agricultura y
a las artes industriales

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKET

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY